

JAPANESE

[JP,2000-500923,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION DRAWINGS

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

In Frequency Synthesizer (300) Which Generates Output Signal 1. This Synthesizer (300) It is the i2 ** coherent light source (304 306). Each of these light sources Said light source which generates each become irregular radiation beam which is different wavelength, Said beam union equipment with which it is beam union equipment (310) which generates two lightwave signals become irregular combining the radiation beam of two ii(s), and said two lightwave signals become irregular have one modulation frequency, A means to delay one side of the lightwave signal become [iii aforementioned] irregular about another side (322), Control means which answers the modulation phase contrast detected between said lightwave signals delayed on the iv relative target become irregular, and controls said light source (304 306) (302) Synthesizer characterized by having.

2. A means to delay one side of said lightwave signal become irregular about another side in a frequency synthesizer according to claim 1 is a synthesizer which is the die length (322) of an optical fiber.

3. It is the synthesizer said whose beam union equipment is an optical-fiber coupler (310) in a frequency synthesizer according to claim 2.

In Frequency Synthesizer According to Claim 3 4. Said Control Means i Two detectors with which the received lightwave signal become irregular is answered, and each generates each detector output signal (318 324), Phase detector which generates the output which answers the phase contrast between the ii aforementioned detector output signals, and answers it (330) A means to answer the output of a phase detector in order to adjust the iii light source (304 306) (302) Synthesizer which it has.

5., and it is Said Phase Detector (330). [Frequency Synthesizer According to Claim 4]

The synthesizer which gives a negative feedback signal to ** and said means (302) to answer the output of a phase detector.

6. It is the synthesizer stabilized to a die-length change according [on a frequency synthesizer according to claim 2 and / the die length of said optical fiber (322)] to a temperature change.

7. It is the synthesizer constituted so that said frequency synthesizer may give an output signal with a frequency smaller than 100GHz equally to modulation frequency in a frequency synthesizer according to claim 1.

8. It is the synthesizer said whose coherent light source (304 306) is laser in a frequency synthesizer according to claim 1.

9. It is the synthesizer said whose laser is Nd:YAG laser in a frequency synthesizer according to claim 8.

10. It is a synthesizer including a means by which said synthesizer offers continuous tuning capacity in a frequency synthesizer according to claim 1.

11. Setting to a frequency synthesizer according to claim 1, said output signal is a synthesizer in which frequency modulation is possible.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

Frequency synthesizer This invention relates to frequency synthesizers and those stability. Since the fluctuation in the phase of an oscillator can be interpreted also as frequency fluctuation, on these specifications, distinction is not made between frequency fluctuation and phase fluctuation. This phase / frequency relation are described by Standford Gorldman, "Frequency Analysis Modulation and Noise" by McGraw-Hill, Chapter 5, and Modulation (1948). A frequency synthesizer is equipment known well. These equipments are constituted so that one output signal may be given, and this output signal has one frequency chosen from the set of a separate value. A frequency discriminator can be used for a frequency synthesizer in order to maintain the stability of the predetermined frequency of an output signal.

An example of an easy frequency discriminator is shown in "Electricity and Magnetism" by B.I.Bleaney and B.BLEANEY, 581 pages, the 3rd edition, and Oxford University Press 1983. This device is LC circuit discriminator and L and C are circuit members which have an inductance L and capacitance C, respectively here. Although the output signal of an oscillator is inputted into a discriminator, since the output signal depending on an input frequency is generated, this discriminator may be used in order to control the output frequency of an oscillator by the feedback control loop. Such a discriminator is suitable for the actuation only in a single frequency. It is not suitable to use by the multifrequency synthesizer.

Using frequency discriminator by the feedback control loop is known. A feedback control loop is a system which feeds back an output signal to the input of a system, in order to change a system characteristic. In such a feedback system, when the signal fed back to the input causes an increment to an output signal, "positive feedback" which is produced with an oscillator is produced, and when it causes reduction to an output signal, "negative feedback" is produced. The effect of negative feedback is used in order to stabilize a circuit like an amplifying circuit. Such the discriminator feedback loop is known in order to use it for stabilizing the output from a source of a frequency like a voltage controlled oscillator (VCO). However, the drift of the impedance of the member of the conventional frequency discriminator or the value of capacitance may be carried out by change in ambient temperature. This may carry out the drift of the output of a frequency discriminator, and the drift of the output frequency of the source of a frequency can be carried out as a result.

With other gestalten of VCO, two high frequency oscillator is contained and at least one side of such high frequency oscillator generates the output beat frequency which alignment (tuning) can be possible and can align. This VCO can have two laser, and these radiation is mixed in order to generate microwave beat frequency. The effect of a temperature drift is remarkable about especially the source of a frequency based on laser mixing. The radiation frequency from the laser which operates by 1.3 micrometers is about 3×10^{14} Hz, and one drift of only one part per 10,000 may make beat frequency produce no less than 300 MHz change. The drift of this magnitude is [not desirable being the thing and] even for using it for the system which may account for the rate that the microwave frequency of the source of a frequency made into the problem here of operation cannot ignore, and needs the stable source of a frequency. [further] The optical-fiber stabilization electronic oscillator is described by R.T.Logan, Jr., etc. by 508-512 pages (1991) of reports of 45th annual IEEE frequency-control symposium. The device of this Logan is equipped with VCO which has the output sent to an optical-fiber discriminator, and this optical-fiber discriminator gives frequency control after that to VCO through a loop filter. This

optical-fiber discriminator divides RF input signal into two, one [the] part is changed into the lightwave signal become irregular, and it is delayed using the optical-fiber delay line, and after that, it is again changed into an electrical signal by the photo diode receiver, and another part is sent through a phase shifter by it. These two parts are compared by the phase detector after that, and this phase detector outputs the electrical potential difference depending on the phase contrast of these two parts.

The optical-fiber delay line is equipped with the laser diode, and this laser diode generates the lightwave signal given to a single mode optical fiber become irregular. The engine performance of the device of Logan is restricted by the optical-fiber discriminator noise. The reference of Logan has suggested that this system may improve by use of the modulator (intensity modulator) of diode pump mold semiconductor laser or the exterior on the strength. In order to make the device of this Logan stabilize an oscillator using the optical-fiber delay line, a RF oscillator signal is changed into a lightwave signal from an electrical signal, and it has the fault that it must return to an electrical signal.

Super-stability microwave and a millimeter wave photon-oscillator are described by other reference (announced by 420-424 pages of the report of the IEEE frequency-control symposium 27-29 (May, 1992) in 1992) by Logan. Although the device described here is the same as that of what was mentioned above, it has the self-mode locking mold laser diode which operates as a source of microwave or a millimeter wave signal. Nothing is described about adjusting a device to this reference in addition to behavior of the mode locking mold laser as a frequency multiplier, and giving the output signal covering a frequency range to it.

Other oscillator devices of Logan are described by U.S. Pat. No. 5,379,309. From the laser oscillation machine by which two impregnation lock mold laser is built into the device described here, and mode locking was carried out to such laser in actuation to a lightwave signal *****. Impregnation lock mold laser receives a separate optical mode signal from mode locking mold laser respectively. Although it is together put in order that the output of these two impregnation lock mold laser may generate one output signal, the frequency of this output signal is equal to the difference in the frequency between the two modes each received from mode locking mold laser with impregnation lock mold laser. Alignment of a synthesizer output aligns one side of impregnation lock mold laser, and is one of these, and the 2nd thing can be performed by maintaining at a fixed frequency. When an alignment facility of laser exists, the stability of the output of a synthesizer may be lost and this is produced as a result of the temperature drift of laser. This invention relates to the device constituted so that the phase noise of two laser which operates on a rather different frequency might be decreased rather than it calls it the frequency instability of a device.

The purpose of this invention is offering other gestalten of a frequency synthesizer.

This invention is what offers the frequency synthesizer which generates an output signal. This synthesizer It is the i2 ** coherent light source (304 306). Each of these light sources Said light source which generates each become irregular radiation beam which is different wavelength, Said beam union equipment with which it is beam union equipment which generates two lightwave signals become irregular combining the radiation beam of two ii(s), and said two lightwave signals become irregular have one modulation frequency, iii — a means to delay one side of said lightwave signal become irregular about another side iv — it is characterized by having the control means which answers the modulation phase contrast detected between said lightwave signals delayed relatively become irregular, and controls said light source.

By using a means to delay a lightwave signal, a small frequency synthesizer can be formed more nearly physically than the correspondence synthesizer equipped with the conventional delay line like a coaxial cable.

This invention may be used in order to control an output frequency to the millimeter radiation generated by mixing the radiation from two laser from HF. HF radiation has the frequency of the range of 3MHz - 30MHz.

In a desirable example, the frequency synthesizer has the optical-fiber delay line which gives one relative delay in two or more lightwave signals, and the die length of this delay line determines the frequency separation of a stabilization frequency. With the broadband width of face of mixed laser radiation and the combination of the broadband width-of-face capacity of an optical-fiber delay means which have the phase stability of a high degree, covering the frequency of the large range, it can align and the frequency of mixed radiation can be stabilized.

The output to which the control means of a synthesizer can also be equipped with two detectors which receive the lightwave signal become irregular and generate a detector output signal, a phase detector answers one between detector output signals of phase contrast here, and it is answered is generated, and a control means can also be equipped with a means to answer the output of this phase detector and to control the light source. A phase detector can also give a negative feedback signal to a means to answer it.

The conventional frequency synthesizer which incorporated the feedback loop has the fault that high interest profit is needed for the feedback loop, in order to attain high precision. When laser is used by the synthesizer of this invention, this need decreases with sensibility with the big beat frequency to change of the element in the frequency of one laser.

Stability is improved when the optical-fiber delay line is stabilized to the die-length change by the temperature change. Although the die length of the delay line determines an operational stability frequency in a certain example, the continuation frequency capacity in a certain restricted range may also be offered. Frequency modulation may be possible for an output frequency.

Easy explanation of a drawing The example of this invention is described with reference to an accompanying drawing below only for instantiation.

Drawing 1 is the schematic drawing of the frequency synthesizer of this invention constituted so that the frequency of the source of mixed laser might be controlled. Drawing 2 is the graph of the change accompanying the frequency of the phase detector output of the synthesizer of drawing 1. Drawing 3 is the compound Fig. showing 12 separate output spectrums of the synthesizer of drawing 1.

Drawing 1 is referred to. The frequency synthesizer of this invention constituted so that the source of mixed laser radiation formed here as a R/F microwave frequency synthesizer might be controlled is shown, and, generally this synthesizer is shown by 300. "Laser offset" and the "locking accessory" (LOLA) unit 302 are connected to two laser 304 and 306. The LOLA unit 302 is a series 2000LNU unit made by Lightwave Electronics. This is the power source of laser 304 and 306, and in a certain mode of operation, also in order to lock the difference in those frequencies to a criteria oscillator, it operates. laser 304 and 306 -- the device of Lightwave Electronics -- that is, they are diode pump mold Nd:YAG model 123-1319-040-F-W and -B-W, respectively. These have 40mW peak power and 100GHz maximum frequency separation. The radiation from laser 304 and 306 is turned to 50/50 directional coupler 308. The radiation from laser 306 passes the polarization controller 309, and passes a coupler 308 after that. A coupler 308 has the central part 310 equipped with two joint optical fibers and two outputs 312 and 314. The radiation from laser 304 and 306 is together put by momentary association in the central part 310.

It passes through the radiation (it is called "union radiation" for convenience) output together put from the output 312 optical-fiber 316, and it is sent to a radiation detector 318. A detector 318 is the PIN diode by which the reverse bias was carried out. The union radiation output from an output 314 passes the delay line 322. The delay line 322 is the optical fiber of 250-meter length, and gives the propagation delay for about 1.2 microseconds. In order to improve temperature stability, metallic coating of the optical fiber which forms the delay line 322 is carried out. The 2nd radiation detector 324 is detached and arranged from the output 314 of a coupler 308 at the edge of the delay line 322. A detector 324 is the PIN diode by which the reverse bias was carried out as well as the detector 318. The output of a synthesizer 300 can be taken out from those both sides from either of the detectors 318 and 324. In order to make a drawing clear, the electrical connection to detectors 318 and 324 is not shown.

In order for a mixed laser output to give an output with beat frequency from detectors 318 and 324, a coupler 308 needs to receive radiation from two laser 304 and 306 with the same polarization. The polarization controller 309 is contained so that polarization of the light from laser 306 may have consistency with it from laser 304. The reinforcement of a detector RF output is supervised, polarization of the radiation from the laser 306 which reaches a coupler 308 is adjusted using the polarization controller 309, and this reinforcement is made into max.

The signal output from detectors 318 and 324 is connected to ***** of the input port 326 and 328 of a phase detector 330. A phase detector 330 is DC coupling ANZAC. It is MD141 mixer. This detector 330 has the output 332 connected to the LOLA unit 302 through two 10 dB attenuators 334 and 336, amplifier 338, and 5.1kohm resistors 340. The resistor 340 combined

with the capacitive input impedance of the LOLA unit 302 works as a low-pass filter. When needed, low noise amplifier can be built into a synthesizer 300 and it can amplify the signal output from detectors 318 and 324 in front of input port 326 and 328.

Actuation of a synthesizer 300 is described below. By combining laser in 50/50 directional coupler 308, the lightwave signal which has RF, a micro, or millimetric wave intensity modulation in the beat frequency of the laser which progresses to an optical fiber 316 or the delay line 322 is produced from outputs 312 and 314. The lightwave signal in each of fiber 316 and the delay line 322 is changed into an electrical signal by detectors 318 and 324, respectively. The signal output from a detector 324 is relation with the signal output from a detector 318, and only time amount almost equal to the propagation time of the lightwave signal which leads the delay line 322 is delayed. Consequently, when changing the modulation frequency of the output from a coupler 308 in connection with time amount, the input signal to a phase detector 330 changes in a phase, and this produces a time variation output from a phase detector 330. Modulation frequency may be changed in connection with time amount by the frequency drift in one side or the both sides of laser 304 and 306.

When modulation frequency is stable in connection with time amount, the output of a phase detector is fixed about time amount. Especially, modulation frequency is stable in connection with time amount, and when the frequency is the thing [as / whose two inputs to a phase detector are quadrature phases], a phase detector generates the Nur output. A "quadrature phase" means having $\pi/2$ -radian phase contrast, although a signal has the same frequency and the same wave.

Drawing 2 shows the graph of change which has the output beat frequency covering the range of several MHz measured by the opening loop mode of the output of a phase detector 330. A curve 400 has the stable points 402, 404, 406, 408, 410, and 412 and the unstable points 414, 416, 418, 420, and 422. The output from a phase detector 330 is committed as a control volt input to the LOLA unit 302 through attenuators 334 and 336, amplifier 338, and a resistor 340. So, a frequency synthesizer includes a feedback system. When the frequency of union radiation is an output from the phase detector 330 of a suitable value for it to be fixed and ignore about time amount, the control input voltage signal to the LOLA unit 302 is also very small.

Next, actuation of the feedback loop is described briefly. For example, when modulation frequency corresponds to the point 402, the output from a phase detector 330 is 0, and the output frequency of a synthesizer 300 is still the frequency. When modulation frequency carries out a drift to a higher frequency, the response of a phase detector generates a negative voltage output. Consequently, the control volt input signal to the LOLA unit 302 is also negative, the frequency separation during the output of laser 304 and 306 are decreased, and modulation frequency is decreased so that it may return toward the frequency of the point 402.

The reduction from the point 402 in modulation frequency makes a phase detector 330 similarly generate a forward voltage output. Consequently, the control to the LOLA unit 302, i.e., an amendment volt input signal, is forward. This makes modulation frequency increase so that it may return toward the frequency of the point 402. Therefore, on the frequency of the point 402, if it is an increment, or if any instability of modulation frequency is reduction, it will produce the negative feedback of a synthesizer 300 and will stabilize an output frequency in the frequency close to the frequency of the point 402. An above-mentioned view is applied also when a synthesizer output is set as other stable points 404-412.

On the contrary, the points 414-422 express the unstable point. When modulation frequency is in the frequency of the point 414, a forward electrical potential difference arises in a phase detector by the increment in modulation frequency, but since this forward electrical potential difference increases modulation frequency further, operational stability is impossible. The instability in either of the points 414-422 produces the positive feedback of a synthesizer 300, and it drives it so that an output frequency may be separated from the unstable point like 414. When the beat frequency of union radiation swerves from the frequency corresponding to one frequency in the stable points 402-412, a phase detector 330 generates a signal, changes the frequency of one side of laser 304 and 306, or both sides, and blocks the frequency fluctuation of union radiation.

A synthesizer 300 has a big advantage compared with the conventional frequency stabilization system. Although each laser is stabilized in the conventional system, the beat frequency generated by the combination of the radiation from laser 304 and 306 is stabilized by the

synthesizer 300. Consequently, although it is necessary to stabilize only one parameter, i.e., beat frequency, it is necessary to make coincidence stabilize at least two parameters, i.e., each laser frequency, in a known system.

The output frequency from laser 304 and 306 may be adjusted by the electric control port on the LOLA unit 302. Moreover, one temperature of laser 304 and 306 is changed using the temperature control of the LOLA unit 302, and changes the frequency. The temperature change guided is 1GHz/degree C. It is order. Other options are about the union temperature and electric control which uses the LOLA unit 302, are used for frequency regulation with rough temperature control, and are used here for adjustment with detailed electric control.

The optical fibers 316 and 322 of drawing 1 may be temperature stability fiber. Temperature stability fiber is described by the 19th volume of Electronic Letters, November 24, 1983, and 1039-1040 pages by R.Kashyap etc. The frequency of the output of the source of each may be stabilized by the higher degree by using temperature stability fiber. The change in ambient temperature is because it will have only fewer effect on the optical delay path of a synthesizer 300. Moreover, these fiber may include this fiber and a serial auxiliary temperature dependence path, in order that it may be positioned in a temperature control environment and optical path length may maintain fixed delay spacing.

By using an optical fiber 322 in the optical delay path of a synthesizer 300, the effective quality factor QF quite higher than the conventional discriminator can be especially obtained in a high frequency. About propagation of 1.3-micrometer radiation, a single mode optical fiber has about 0.4dB [/km] loss. Requiring [consequently] about 5 microseconds, in order that the radiation in this wavelength may progress an optical fiber 1km, that attenuation is about 0.

It is 1dB/microsecond. About the fiber which permits 3dB loss, this shows that the propagation delay for 30 microseconds may be attained.

The effective quality factor QF is given by the following suitable formulas.

$QF = \pi f \tau$ -- f is the frequency of radiation here and τ is a propagation delay. About X band microwave radiation in the relative delay with a general frequency of 10GHz for 30 microseconds, QF is about 106, 1 million [i.e.,]. Although this is quite higher than the thing to the conventional synthesizer system; it is unnecessary to actually use such a high Q-value. It is because an output spectrum is the improved mere approach of as opposed to [value / high / Q-] center frequency. Since it is $\Delta f = 1/\tau$, a propagation delay τ determines separation of stabilization frequency Δf again.

Drawing 3 shows the graph of the output RF spectrum in various frequencies. Drawing 3 is the compound graph of 12 separate spectrums, and each spectrum has a single peak like peaks 500 and 502 at which only 0.8MHz of frequencies was estranged.

0.8MHz is the inverse number of 1.2-micrometer time delay imposed with an optical fiber 322. A synthesizer 300 may be used in order to compound the output frequency in a 0.8MHz a large number point.

An alignment means to choose a synthetic predetermined output frequency can also be formed in a synthesizer 300. This can also be performed by the rough armature-voltage control of the assistance to VCO which can control a means to adjust the temperature of one side of each laser, or both sides. Actuation of the feedback loop is locking a frequency in one of the stable points of a discriminator response of drawing 2.

A synthesizer 300 makes it possible to obtain the set of a separate output frequency by controlling the LOLA unit 302 to a suitable value, using the feedback loop, and locking a frequency in one correctly in drawing 2 and two or more stable values shown in 3. Such separate frequency complement is made into many applications of a synthesizer as a thing like the local oscillator in FM radio set for which channel spacing of 50kHz is needed, and is useful to them. For other applications, to have bigger control covering an output frequency is desired. Finer frequency spacing, and continuous tuning capacity or the capacity which generates FM signal may be needed. Such capacity can be easily attained by changing the synthesizer 300 of drawing 1 slightly.

Access to the unstable frequencies 414, 416, 418, 420, and 422 of drawing 2 can be easily attained by reversing the sign of the output of amplifier 328. When amplifier 338 is differential amplifier which has two inputs in which one side is grounded, the sign of an output may be reversed by making input connection reverse.

The continuation frequency capacity in the restricted range can be established by incorporating

the differential amplifier in front of amplifier 338. Since this differential amplifier has the gain of 1, even when it is that by which that 2nd input should be grounded, the effect in actuation of a synthesizer can be disregarded. However, when this 2nd input is connected to the adjustable electrical potential difference V2, an electrical potential difference is turned to V2 from a phase detector according to an operation of the feedback loop. Probably, as for this, drawing 2 shows [of a frequency range] that continuous tuning capacity is mostly given over one half. By including reversal capacity in a differential-amplifier output additionally, the frequency range which essentially continues is possible. Grant of the alternating voltage as input voltage V2 gives FM capacity. It is restricted to a low frequency, carrying out in this FM capacity end. A high frequency is because it is oppressed by a low-pass filter operation of a resistor 340 and the capacity input impedance of the LOLA unit 302.

Other continuous tuning capacity can also be offered by incorporating RF phase shifter in front of one side of the input port 326 and 328 of a phase detector 330, or both sides. The effectiveness of shifting a curve 400 in parallel with the X-axis is acquired by [to a phase shifter 330] changing the relative topology of two inputs.

RF FM capacity may be attained by inserting 1 gain differential amplifier before the input to the LOLA unit 302 (i.e., after one of low-pass filters). Usually, the effectiveness of the feedback loop is amending a certain frequency modulation in an output frequency, or instability. With this RF FM equipment, the correction signal for barring the effectiveness of frequency modulation is oppressed with a low-pass filter.

The graph of drawing 2 shows a sine output substantially. However, the wave of a response of the frequency discriminator to frequency change is the second in this invention. The most important parameter of a discriminator response is a frequency which a null point like 402-422 produces.

It is because these define the slope in the stability and the unstable point, and the stabilization frequency for actuation of a discriminator.

In other examples, the delay line 322 can be replaced with the etalon of Fabry-Perot formed suitably, and required optical delay can also be given.

the example mentioned above -- Nd: -- although the YAG laser is incorporated, other examples of this invention can also decrease a manufacturing cost by incorporating the semiconductor laser which may be accumulated on up to a single integrated circuit.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

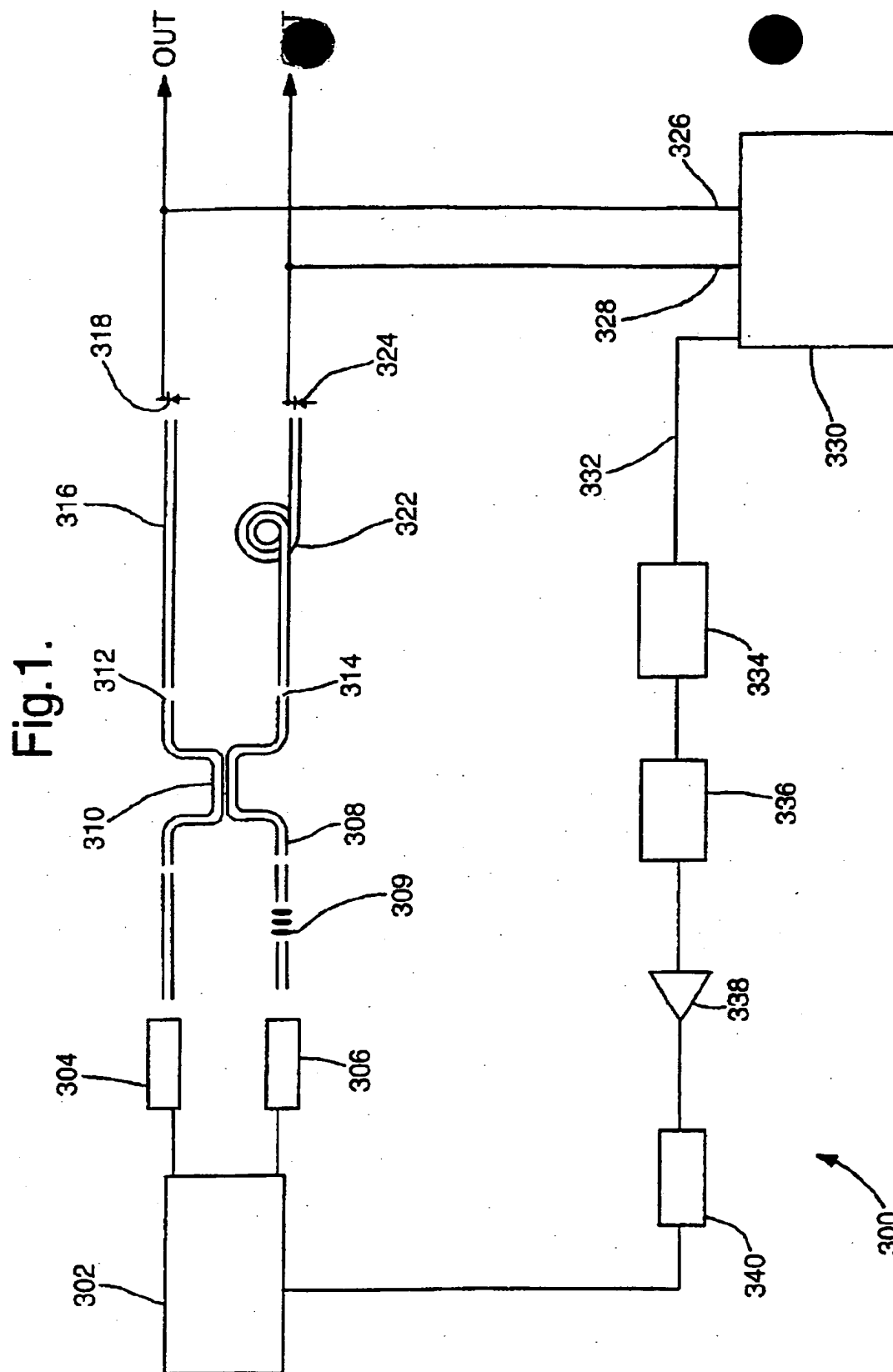
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

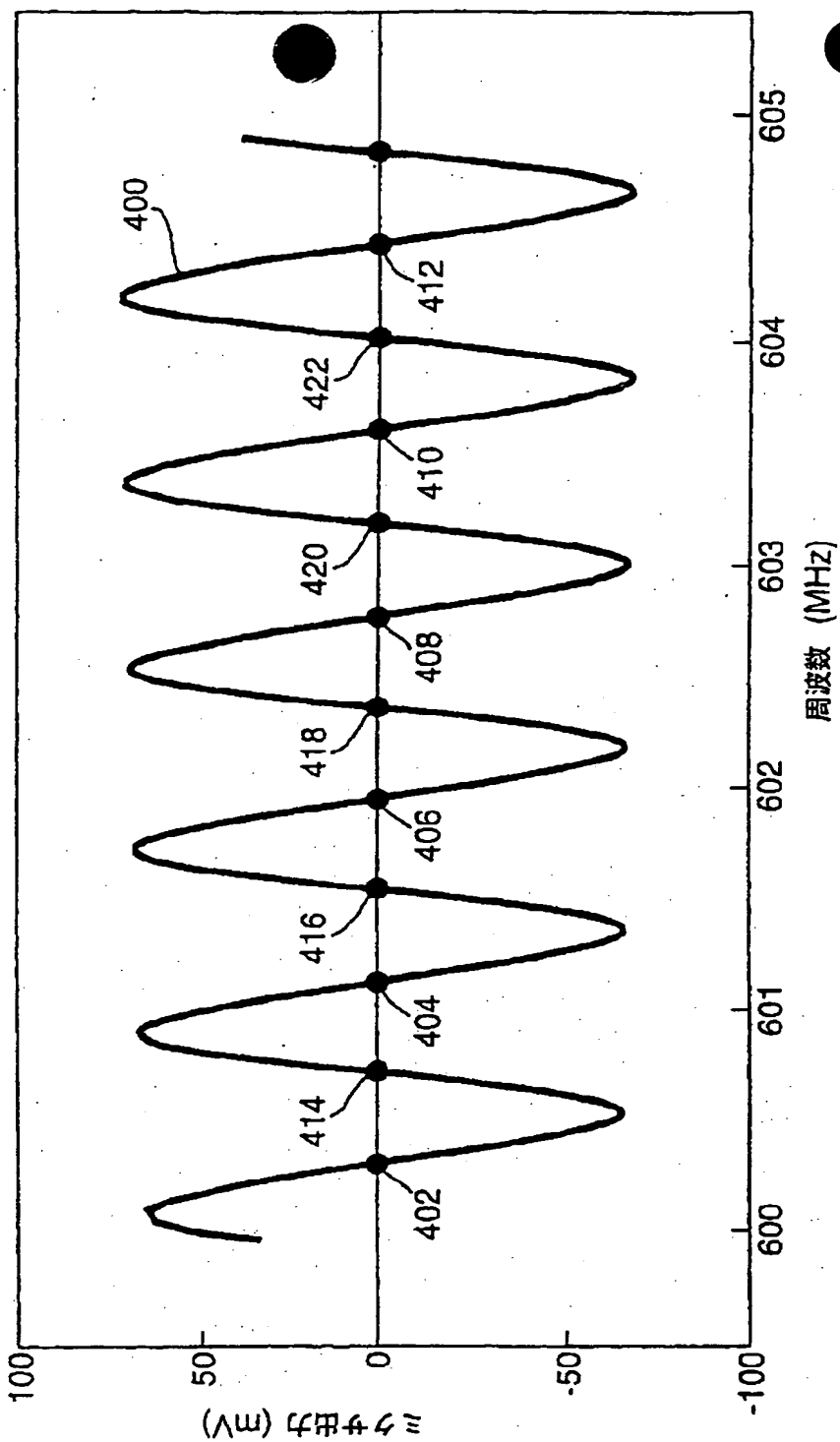
DRAWINGS

[Drawing 1]



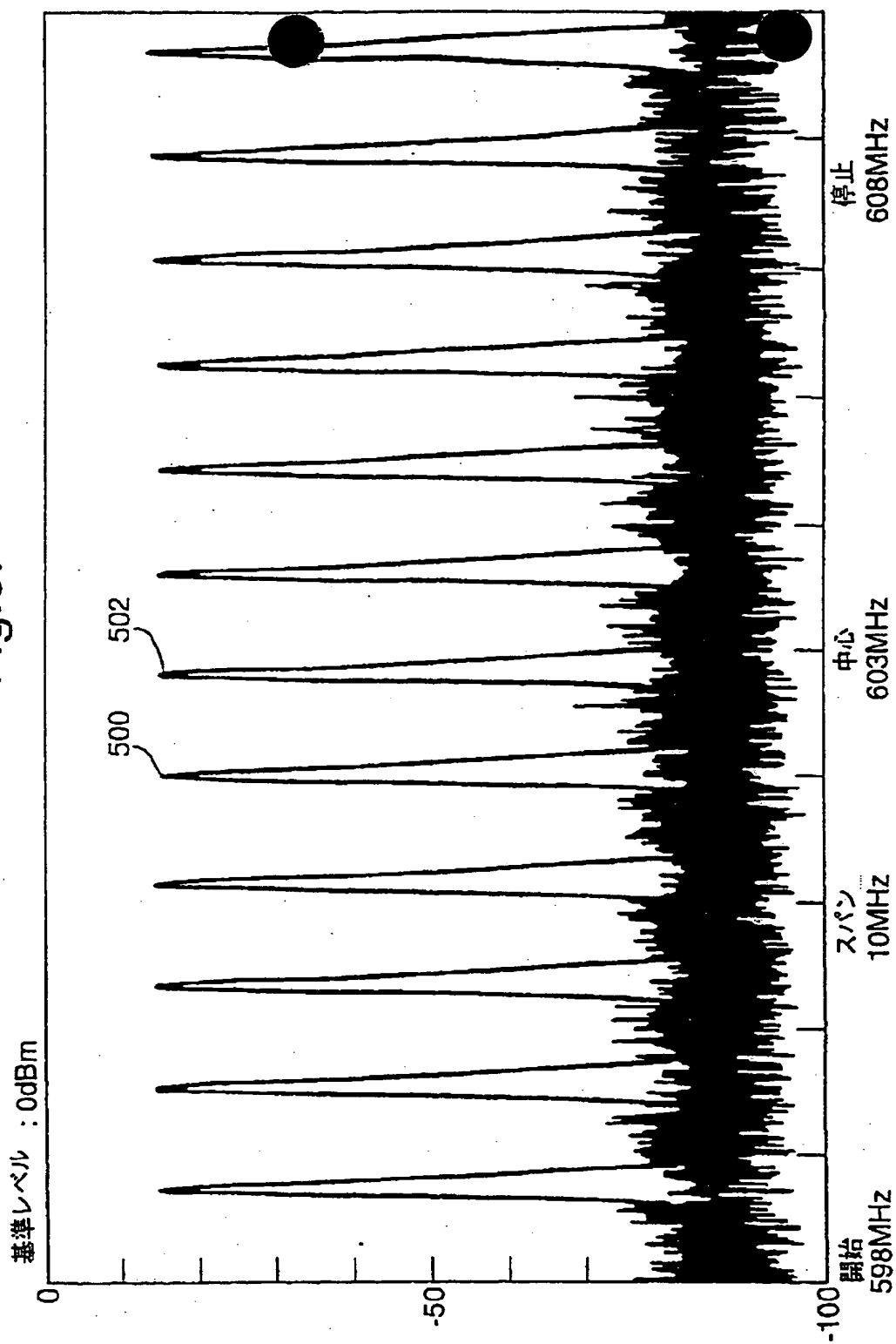
[Drawing 2]

Fig.2.



[Drawing 3]

Fig.3.



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号
特表2000-500923
(P2000-500923A)

(43)公表日 平成12年1月25日(2000.1.25)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 S 3/23

識別記号

F I

H 0 1 S 3/23

テーマコード(参考)

Z

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 38 頁)

(21)出願番号 特願平9-519470
(86)(22)出願日 平成8年11月13日(1996.11.13)
(85)翻訳文提出日 平成10年5月18日(1998.5.18)
(86)国際出願番号 PCT/GB96/02761
(87)国際公開番号 WO97/19504
(87)国際公開日 平成9年5月29日(1997.5.29)
(31)優先権主張番号 9523518.0
(32)優先日 平成7年11月17日(1995.11.17)
(33)優先権主張国 イギリス(GB)
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L U, MC, NL, PT, SE), GB, JP, US

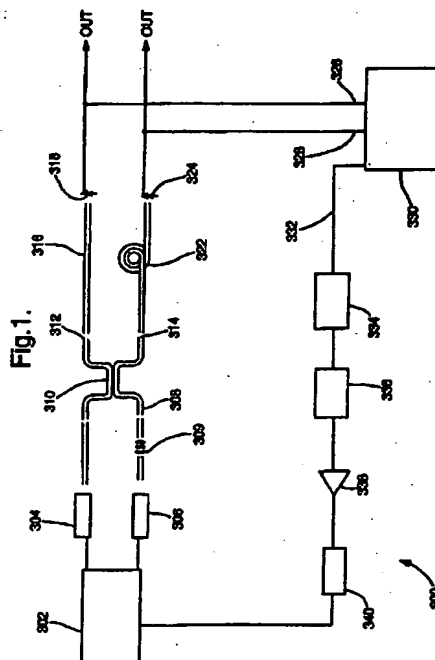
(71)出願人 イギリス国
イギリス国 ハンプシャー ジュー14
0エルエックス ファーンボロー アイヴ
エリー ロード(番地なし) ディフェンス
エヴァリュエーション アンド リサー
チ エージェンシー
(72)発明者 イーテム イヴォーン
イギリス国 ウースターシャー ダブリュ
ーアール14 3ピース モルヴァー
セント アンドリュース ロード(番地な
し) ディフェンス リサーチ エージェン
シー
(74)代理人 弁理士 中村 稔 (外6名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 周波数シンセサイザー

(57)【要約】

周波数シンセサイザー(300)は、結合器(308)からの1つの光信号を第2の光信号に比べて遅延させる光遅延線(322)を有する。光信号は2つのレーザ(304、306)からの放射を結合器(308)にて混合することによって得られる。この結果生じた被変調光信号間の位相差を測定することによって負帰還信号が得られる。この帰還信号は、レーザの周波数を制御してシンセサイザーの出力周波数を安定化させるために使用される。



【特許請求の範囲】

1. 出力信号を生成する周波数シンセサイザー (300) において、該シンセサイザー (300) は、

i) 2つのコヒーレントな光源 (304、306) であって、これらの各光源は、異なる波長である個々の被変調放射ビームを生成する、前記光源と、

ii) 2つの放射ビームを組合わせて2つの被変調光信号を生成するビーム組合装置 (310) であって、前記2つの被変調光信号は1つの変調周波数を有する、前記ビーム組合装置と、

iii) 前記被変調光信号の一方を他方に関して遅延させる手段 (322) と

iv) 相対的に遅延された前記被変調光信号の間で検出された変調位相差にตอบสนองして前記光源 (304、306) を制御する制御手段 (302) と、

を備えることを特徴とするシンセサイザー。

2. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記被変調光信号の一方を他方に関して遅延させる手段は光学繊維の長さ (322) であるシンセサイザー。

3. 請求項2記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記ビーム組合装置は光学繊維結合器 (310) であるシンセサイザー。

4. 請求項3記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記制御手段は、

i) 受け取った被変調光信号にตอบสนองして各々が個々の検出器出力信号を生成するような2つの検出器 (318、324) と、

ii) 前記検出器出力信号間の位相差にตอบสนองしてそれにตอบสนองする出力を生成する位相検出器 (330) と、

iii) 光源 (304、306) を調整するために位相検出器の出力にตอบสนองする手段 (302) と、

を備えるシンセサイザー。

5. 請求項4記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記位相検出器 (330) は、位相検出器の出力にตอบสนองする前記手段 (302) に負帰還信号を与えるシンセサイザー。

6. 請求項2記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記光学繊維(322)の長さは温度変化による長さ変化に対して安定化されるシンセサイザー。
7. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記周波数シンセサイザーは、変調周波数に等しく、且つ、100GHzより少ない周波数を有した出力信号を与えるように構成されているシンセサイザー。
8. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記コヒーレントな光源(304、306)はレーザであるシンセサイザー。
9. 請求項8記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記レーザはNd:YAGレーザであるシンセサイザー。
10. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記シンセサイザーは、連続同調能力を提供する手段を含むシンセサイザー。
11. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記出力信号は周波数変調可能であるシンセサイザー。

【発明の詳細な説明】

周波数シンセサイザー

本発明は周波数シンセサイザー及びそれらの安定度に関する。発振器の位相における揺らぎは周波数揺らぎとしても解釈できることから、本明細書では周波数揺らぎと位相揺らぎの間に区別はなされていない。この位相／周波数関係は、Stanford Goldman, McGraw-Hillによる“Frequency Analysis Modulation and Noise”, 第5章、Modulation (1948) に記述されている。

周波数シンセサイザーは良く知られた装置である。これらの装置は1つの出力信号を与えるように構成されており、この出力信号は別々の値のセットから選択された1つの周波数を有する。周波数シンセサイザーは、出力信号の所定の周波数の安定度を維持するために周波数弁別器を用いることができる。

簡単な周波数弁別器の一例が、B.I.BleaneyとB.BLEANEYによる“Electricity and Magnetism”, 581頁, 第3版, Oxford University Press 1983に示されている。このデバイスはLC回路弁別器であり、ここでL、CはインダクタンスL、キャパシタンスCをそれぞれ有する回路部材である。発振器の出力信号は弁別器に入力されるのであるが、この弁別器は、入力周波数に依存する出力信号を生成することから、発振器の出力周波数をフィードバック制御ループで制御するために使用され得る。このような弁別器は単一の周波数のみにおける動作に適している。多周波シンセサイザーで用いるのには適当でない。

周波数弁別器をフィードバック制御ループで使用することが知られている。フィードバック制御ループは、システム特性を変更するために出力信号をシステムの入力にフィードバックするシステムである。このようなフィードバックシステムでは、入力にフィードバックされた信号が出力信号に増加を引き起こす場合は発振器で生じるような「正帰還」を生じ、それが出力信号に減少を引き起こす場合には「負帰還」を生じる。負帰還の影響は増幅回路のような回路を安定化するために使用される。

このような弁別器フィードバックループは電圧制御発振器 (VCO) のような周波数源からの出力を安定化するのに使用するために知られている。しかしなが

ら、周囲温度における変化によって、従来の周波数弁別器の部材のインピーダンスやキャパシタンスの値はドリフトしてしまうことがある。これは周波数弁別器の出力をドリフトさせてしまうことがあり、結果として、周波数源の出力周波数はドリフトし得る。

VCOの他の形態では2つの高周波発振器が含まれており、これらの高周波発振器の少なくとも一方は同調（チューニング）可能であって、同調可能な出力となり周波数を生成する。このVCOは2つのレーザを備えることが可能であり、これらの放射はマイクロ波となり周波数を生成するために混合される。温度ドリフトの影響はレーザ混合に基づく周波数源について特に著しい。1.3 μm で動作するレーザからの放射周波数はほぼ $3 \times 10^{14} \text{ Hz}$ であり、1万につきたった1つの部分の1つのドリフトが、うなり周波数に300 MHzもの変化を生じさせることがある。この大きさのドリフトは、ここで問題としている周波数源の動作マイクロ波周波数の無視し得ない割合を占めることがあり、安定な周波数源を必要とするシステムに使用するには望ましくないもの、更には許容できないことさえある。

光学繊維安定化電子発振器が、R.T.Logan, Jr.等によって、第45回年次IEEE周波数制御シンポジウムの会報（1991年）508～512頁に記述されている。このLoganのデバイスは光学繊維弁別器へ送られる出力を有するVCOを備えており、この光学繊維弁別器はその後、ループフィルタを介してVCOに周波数制御を与える。この光学繊維弁別器はRF入力信号を2つに分割し、これらの一方の部分は被変調光信号に変換され、光学繊維遅延線を使用して遅延されて、その後、ホトダイオード受信機によって電気信号に再び変換され、もう一方の部分は移相器を通じて送られる。これらの2つの部分はその後、位相検出器によって比較され、この位相検出器は、これら2つの部分の位相差に依存する電圧を出力する。光学繊維遅延線はレーザダイオードを備えており、このレーザダイオードは単一モード光学繊維へ与えられる被変調光信号を生成する。Loganのデバイスの性能は光学繊維弁別器ノイズによって制限される。Loganの文献は、このシ

ステムはダイオードポンプ型半導体レーザや外部の強度変調器(intensity modul

ator)の使用によって改善され得ることを示唆している。このLoganのデバイスには、光学繊維遅延線を使用して発振器を安定化させるためにRF発振器信号を電気信号から光信号に変換しそれから電気信号に戻さなければならないといった欠点がある。

Loganによる他の文献(1992年IEEE周波数制御シンポジウム27-29(1992年5月)の会報の420~424頁に発表されている)には、超安定マイクロ波及びミリ波光子的発振器が記述されている。ここに記述されたデバイスは前述したものと同様のものであるが、マイクロ波若しくはミリ波信号の源として動作する自己モードロック型レーザダイオードを有する。この文献には、周波数通倍器としてのモードロック型レーザのふるまい以外に、デバイスを調整して周波数範囲にわたる出力信号を与えることについては何も記述されていない。

Loganの他の発振器デバイスは米国特許第5,379,309号に記述されている。ここに記述されたデバイスには2つの注入ロック型レーザが組み込まれており、これらのレーザには作動的にモードロックされたレーザ発振器から光信号が与えられる。注入ロック型レーザは各々、モードロック型レーザから別々の光モード信号を受け取る。これら2つの注入ロック型レーザの出力は1つの出力信号を生成するために組合わされるのであるが、この出力信号の周波数は、注入ロック型レーザによってモードロック型レーザから受け取った各2つのモード間の周波数における差に等しい。シンセサイザー出力の同調は、注入ロック型レーザの一方を同調し、その一方で、第2のものは一定の周波数に保つことにより行うことができる。レーザの同調設備が存在することにより、シンセサイザーの出力の安定度が失われてしまうことがあり、これは、例えばレーザの温度ドリフトの結果として生じる。本発明は、デバイスの周波数不安定度というよりはむしろ異なる周波数で動作する2つのレーザの位相ノイズを減少させるように構成されたデバイスに関する。

本発明の目的は周波数シンセサイザーの他の形態を提供することである。

本発明は、出力信号を生成する周波数シンセサイザーを提供するものであり、該シンセサイザーが、

- i) 2つのコヒーレントな光源(304、306)であって、これらの各光源は、異なる波長である個々の被変調放射ビームを生成する、前記光源と、
 - ii) 2つの放射ビームを組み合わせて2つの被変調光信号を生成するビーム組合装置であって、前記2つの被変調光信号は1つの変調周波数を有する、前記ビーム組合装置と、
 - iii) 前記被変調光信号の一方を他方に関して遅延させる手段と、
 - iv) 相対的に遅延された前記被変調光信号の間で検出された変調位相差に応答して前記光源を制御する制御手段と、
- を備えることを特徴とする。

光信号を遅延させる手段を使用することにより、同軸ケーブルのような従来の遅延線を備えた対応シンセサイザーよりも物理的に小さな周波数シンセサイザーを形成することができる。

本発明は、HFから、2つのレーザからの放射を混合することによって発生されるミリメートル放射へ、出力周波数を制御するために使用され得る。HF放射は3MHz~30MHzの範囲の周波数を持つ。

好ましい実施例において、周波数シンセサイザーは、複数の光信号の中の1つの相対遅延を与える光学繊維遅延線を有しており、この遅延線の長さが安定周波数の周波数分離を決定する。高い度合いの位相安定度を有する被混合レーザ放射の広帯域幅と光学繊維遅延手段の広帯域幅能力の組合わせにより、被混合放射の周波数を広い範囲の周波数にわたって同調し、安定化することができる。

シンセサイザーの制御手段は、被変調光信号を受け取って検出器出力信号を生成する2つの検出器を備えることもでき、ここでは、位相検出器が、検出器出力信号間のいずれかの位相差に応答してそれに応答する出力を生成しており、また、制御手段は、この位相検出器の出力に応答して光源を制御する手段を備えることもできる。位相検出器はそれに応答する手段に負帰還信号を与えることもできる。

フィードバックループを組み入れた従来の周波数シンセサイザーには、高精密さを達成するためにフィードバックループに高利得が必要とされるという欠点がある。本発明のシンセサイザーでレーザを使用した場合には、1つのレーザの周

波数における小部分の変化に対するうなり周波数の大きな感度によって、この必

要性は減少される。

光学繊維遅延線が温度変化による長さ変化に対して安定化された場合には安定度が改善される。遅延線の長さはある実施例では安定動作周波数を決定するが、ある制限された範囲における連続周波数能力も提供され得る。出力周波数は周波数変調可能であってもよい。

図面の簡単な説明

本発明の実施例を次に添付図面を参照して例示のみのために記述する。

図1は、被混合レーザ源の周波数を制御するよう構成された本発明の周波数シンセサイザーの略図であり、

図2は、図1のシンセサイザーの位相検出器出力の、周波数に伴う変化のグラフであり、

図3は、図1のシンセサイザーの12個の別々の出力スペクトルを示す複合図である。

図1を参照する。ここにはR/Fマイクロ波周波数シンセサイザーとして形成された被混合レーザ放射源を制御するように構成された本発明の周波数シンセサイザーが示されており、このシンセサイザーは一般に300で示されている。「レーザオフセット」と「ロッキングアクセサリ」(LOLA)ユニット302が2つのレーザ304、306に接続されている。LOLAユニット302は、Lightwave Electronicsによって作られたシリーズ2000LNUユニットである。これがレーザ304、306の電源であり、ある動作モードでは、それらの周波数における差を基準発振器に対してロックするためにも動作する。レーザ304、306は、Lightwave Electronicsのデバイス、即ち、それぞれダイオードポンプ型Nd:YAGモデル123-1319-040-F-Wと-B-Wである。これらは40mWのピークパワーと100GHzの最大周波数分離を有する。

レーザ304、306からの放射は50/50方向性結合器308へ向けられる。レーザ306からの放射は、偏光コントローラ309を通過し、その後結

合器308を通過する。結合器308は、2つの結合光学繊維と2つの出力312、314を備える中央部分310を有する。レーザ304、306からの放射は、中央部分310におけるつかの間の結合によって組合わされる。

出力312からの組合わされた放射（便宜上、「組合放射」と呼ぶ）出力は、光学繊維316へ、それから放射検出器318へ送られる。検出器318は逆バイアスされたPINダイオードである。出力314からの組合放射出力は遅延線322を通過する。遅延線322は250メートル長の光学繊維であり、ほぼ1.2 μ 秒の伝播遅延を与える。遅延線322を形成する光学繊維は温度安定度を改善するために金属被覆されている。第2の放射検出器324は遅延線322の端部に結合器308の出力314から離して配置される。検出器324は検出器318と同じく逆バイアスされたPINダイオードである。シンセサイザー300の出力は、検出器318、324のいずれかから、若しくは、それらの双方から取り出すことができる。図面を明瞭にするため、検出器318、324への電気接続は示されていない。

被混合レーザ出力が検出器318、324からうなり周波数で出力を与えるためには、結合器308は、同じ偏光を有した2つのレーザ304、306から放射を受け取ることが必要である。レーザ306からの光の偏光がレーザ304からのそれと整合するように偏光コントローラ309が含まれている。検出器RF出力の強度が監視され、結合器308に到達するレーザ306からの放射の偏光が偏光コントローラ309を用いて調整されてこの強度を最大にする。

検出器318、324からの信号出力は位相検出器330の入力ポート326、328のそれぞれに接続される。位相検出器330は直流結合ANZAC M D141ミキサである。この検出器330は、2つの10dB減衰器334、336と増幅器338と5.1k Ω 抵抗器340を介してLOLAユニット302に接続される出力332を有する。LOLAユニット302の容量性入力インピーダンスと組み合わされた抵抗器340は低域フィルタとして働く。

必要とされた場合には、低ノイズ増幅器をシンセサイザー300に組み込んで、入力ポート326、328の前に検出器318、324からの信号出力を増幅することができる。

シンセサイザー300の動作を次に記述する。50/50方向性結合器308においてレーザを組み合わせることにより、出力312、314から光学繊維316や遅延線322へ進むレーザのうなり周波数においてRF、マイクロ、若しくは、ミリメートル波強度変調を有する光信号を生ずる。繊維316と遅延線322の各々における光信号はそれぞれ検出器318、324によって電気信号に変換される。検出器324からの信号出力は、検出器318からの信号出力との関係で、遅延線322を通じる光信号の伝播時間にほぼ等しい時間だけ遅延される。この結果、結合器308からの出力の変調周波数が時間に伴って変動している場合には、位相検出器330への入力信号は位相において変化し、これは位相検出器330から時間変動出力を生じさせる。変調周波数は、レーザ304、306の一方若しくは双方における周波数ドリフトによって時間に伴って変動し得る。

変調周波数が時間に伴って安定している場合には、位相検出器の出力は時間に関して一定である。特に、変調周波数が時間に伴って安定しており、且つ、その周波数が、位相検出器に対する2つの入力直角位相であるようなものである場合には、位相検出器はヌル出力を生成する。「直角位相」とは、信号が同じ周波数と波形を有するが、 $\pi/2$ ラジアン位の位相差を有することを意味する。

図2は、位相検出器330の出力のオープンループモードで測定された、数MHzの範囲にわたる出力うなり周波数を有する、変化のグラフを示す。曲線400は安定ポイント402、404、406、408、410、412と、不安定ポイント414、416、418、420、422を有する。位相検出器330からの出力は、減衰器334、336、増幅器338、及び抵抗器340を介するLOLAユニット302への制御電圧入力として働く。周波数シンセサイザーはそれ故、フィードバック系を含む。組合放射の周波数が、時間に関して一定であり、無視するのに適当な値の位相検出器330からの出力である場合には、LOLAユニット302への制御入力電圧信号もまた非常に小さい。

次にフィードバックループの動作を簡単に記述する。例えば変調周波数がポイント402に対応する場合、位相検出器330からの出力は0であり、シンセサイザー300の出力周波数はその周波数のままである。変調周波数がより高い周

波数にドリフトする場合には、位相検出器の応答は負電圧出力を生成する。この結果、LOLAユニット302への制御電圧入力信号もまた負であり、レーザ304と306の出力間の周波数分離を減少させ、ポイント402の周波数に向かって戻すように変調周波数を減少させる。

同様に、変調周波数におけるポイント402からの減少は、位相検出器330に正電圧出力を生成させる。この結果、LOLAユニット302への制御、即ち、補正電圧入力信号は正である。これはポイント402の周波数に向かって戻すように変調周波数を増加させる。したがって、ポイント402の周波数では、変調周波数のいずれの不安定度も、増加であろうと若しくは減少であろうと、シンセサイザー300の負帰還を生じさせ、出力周波数をポイント402の周波数に近接した周波数に安定させる。上述の考え方は、シンセサイザー出力が他の安定ポイント404～412に設定されたときにも適用される。

逆に、ポイント414～422は不安定ポイントを表す。変調周波数がポイント414の周波数にある場合、変調周波数における増加によって位相検出器に正電圧が生じるのであるが、この正電圧は変調周波数を更に増大させることから、安定動作は不可能である。ポイント414～422のいずれかにおける不安定度は、シンセサイザー300の正帰還を生じ、出力周波数を414のような不安定ポイントから離すように駆動する。

組合放射のうなり周波数が、安定ポイント402～412の中の1つの周波数に対応する周波数からそれた場合、位相検出器330は信号を生成し、レーザ304、306の一方、若しくは、双方の周波数を変化させて組合放射の周波数揺らぎを妨害する。

シンセサイザー300は従来の周波数安定化システムに比べて大きな利点を有する。従来のシステムでは個々のレーザが安定化されるが、シンセサイザー300では、安定化されるのはレーザ304、306からの放射の組合わせによって生成されたうなり周波数である。この結果、たった1つのパラメータ、即ち、うなり周波数だけを安定化させる必要があるが、既知のシステムでは、少なくとも2つのパラメータ、即ち、個々のレーザ周波数を同時に安定化させる必要がある。

レーザ304、306からの出力周波数は、LOLAユニット302上の電気制御ポートによって調整され得る。また、レーザ304、306の一方の温度はLOLAユニット302の温度制御を用いて変更され、その周波数を変化させる。誘導される温度変化は1GHz/℃のオーダーである。他のオプションは、LOLAユニット302を使用する組合温度・電気制御についてであり、ここでは、温度制御がおおまかな周波数調整のために使用され、電気制御が微細な調整のために使用される。

図1の光学繊維316、322は温度安定繊維であつてもよい。温度安定繊維は、R.Kashyap等によりElectronic Lettersの第19巻、1983年11月24日、1039~1040頁に記述されている。温度安定繊維を使用することにより、各源の出力の周波数はより高い度合いに安定化され得る。なぜなら、周囲温度における変化は、シンセサイザー300の光遅延経路にはより少ない影響しか与えないだろうからである。また、これらの繊維は温度制御環境に位置付けられてもよく、また、光経路長は、一定の遅延間隔を維持するために、この繊維と直列の補助温度依存経路を含んでいてもよい。

シンセサイザー300の光遅延経路で光学繊維322を使用することにより、特に高い周波数において、従来の弁別器よりもかなり高い実効クオリティファクタ Q_F を得ることができる。1.3μm放射の伝播について、単一モード光学繊維はほぼ0.4dB/kmの損失を有する。この波長における放射は光学繊維を1km進むためにほぼ5マイクロ秒を要し、この結果、その減衰は、ほぼ0.1dB/マイクロ秒である。3dBの損失を許容する繊維については、このことは30マイクロ秒の伝播遅延が達成され得ることを示す。

実効クオリティファクタ Q_F は以下の適当な式によって与えられる。

$$Q_F = \pi f \tau$$

ここで f は放射の周波数であり、 τ は伝播遅延である。一般的な10GHzの周波数の30マイクロ秒の相対遅延におけるX帯域マイクロ波放射について、 Q_F は、ほぼ 10^6 、即ち、100万である。これは従来のシンセサイザーシステムに対するものよりもかなり高いが、このような高い Q -値を実際に使用することは不要である。なぜなら、高い Q -値について、出力スペクトルは、中心周波数

に対する単なる改善された接近だからである。 $\Delta f = 1/\tau$ であることから、伝播遅延 τ はまた安定周波数 Δf の分離を決定する。

図3は、様々な周波数における出力RFスペクトルのグラフを示す。図3は12個の別々のスペクトルの複合グラフであり、各スペクトルは、0.8MHzだけ周波数が離間された、ピーク500、502のような単一のピークを有する。0.8MHzは光学繊維322によって課される1.2 μ mの時間遅延の逆数である。シンセサイザー300は、0.8MHzの多数点における出力周波数を合成するために使用され得る。

所定の合成出力周波数を選択する同調手段をシンセサイザー300に設けることもできる。これは、個々のレーザの一方、若しくは、双方の温度を調整する手段を制御し得る、VCOに対する補助の粗電圧制御によって、実行することもできる。フィードバックループの動作は、図2の弁別器応答の安定ポイントの1つに周波数をロックすることである。

シンセサイザー300は、LOLAユニット302を適当な値に制御し、フィードバックループを使用して、周波数を図2、3に示された複数の安定値の中の1つに正確にロックすることにより、別々の出力周波数のセットを得ることを可能にする。このような別々の周波数選択はシンセサイザーの多くの用途に、例えば50kHzのチャンネル間隔が必要とされるFM無線受信機における局部発振器のようなものとしてして、役立つ。他の用途では、出力周波数にわたってより大きな制御を有することが望まれる。より細かい周波数間隔と、連続同調能力、若しくは、FM信号を生成する能力が必要とされることもある。これらの能力は、図1のシンセサイザー300を僅かに変更することによって容易に達成することができる。

図2の不安定周波数414、416、418、420、422に対するアクセスは増幅器328の出力の符号を反転させることによって容易に達成し得る。増幅器338が、一方が接地されている2つの入力を有する差動増幅器である場合、出力の符号は入力接続を逆にすることによって反転され得る。

制限された範囲における連続周波数能力は、増幅器338の前に差動増幅器を組み入れることによって設けることができる。この差動増幅器は1の利得を有す

るものでもよいことから、その第2の入力が接地されるべきものである場合でも、シンセサイザの動作における影響は無視し得るものである。しかしながら、この第2の入力が可変電圧 V_2 に接続された場合には、フィードバックループの作用によって電圧は位相検出器から V_2 に向けられる。図2から、これは周波数範囲のほぼ半分にわたって連続同調能力を与えることが分かるだろう。差動増幅器出力に反転能力を付加的に組み込むことによって、本質的に連続する周波数範囲が可能である。入力電圧 V_2 としての交流電圧の付与がFM能力を与える。このFM能力はしかしながら低い周波数に制限される。なぜなら、高い周波数は、抵抗器340の低域フィルタ作用とLOLAユニット302の容量入力インピーダンスとによって抑圧されるからである。

他の連続同調能力を、位相検出器330の入力ポート326、328の一方、若しくは、双方の前にRF移相器を組み入れることによって提供することもできる。移相器330への2つの入力の相対位相を変更することによって曲線400をX軸に平行にシフトするという効果が得られる。

高周波FM能力は、LOLAユニット302に対する入力の前に、つまり、いずれかの低域フィルタの後に、1利得差動増幅器を挿入することによって達成され得る。通常、フィードバックループの効果は、出力周波数におけるなんらかの周波数変調、若しくは、不安定度を補正することである。この高周波FM装置では、しかしながら、周波数変調の効果を妨げるための訂正信号が低域フィルタによって抑圧される。

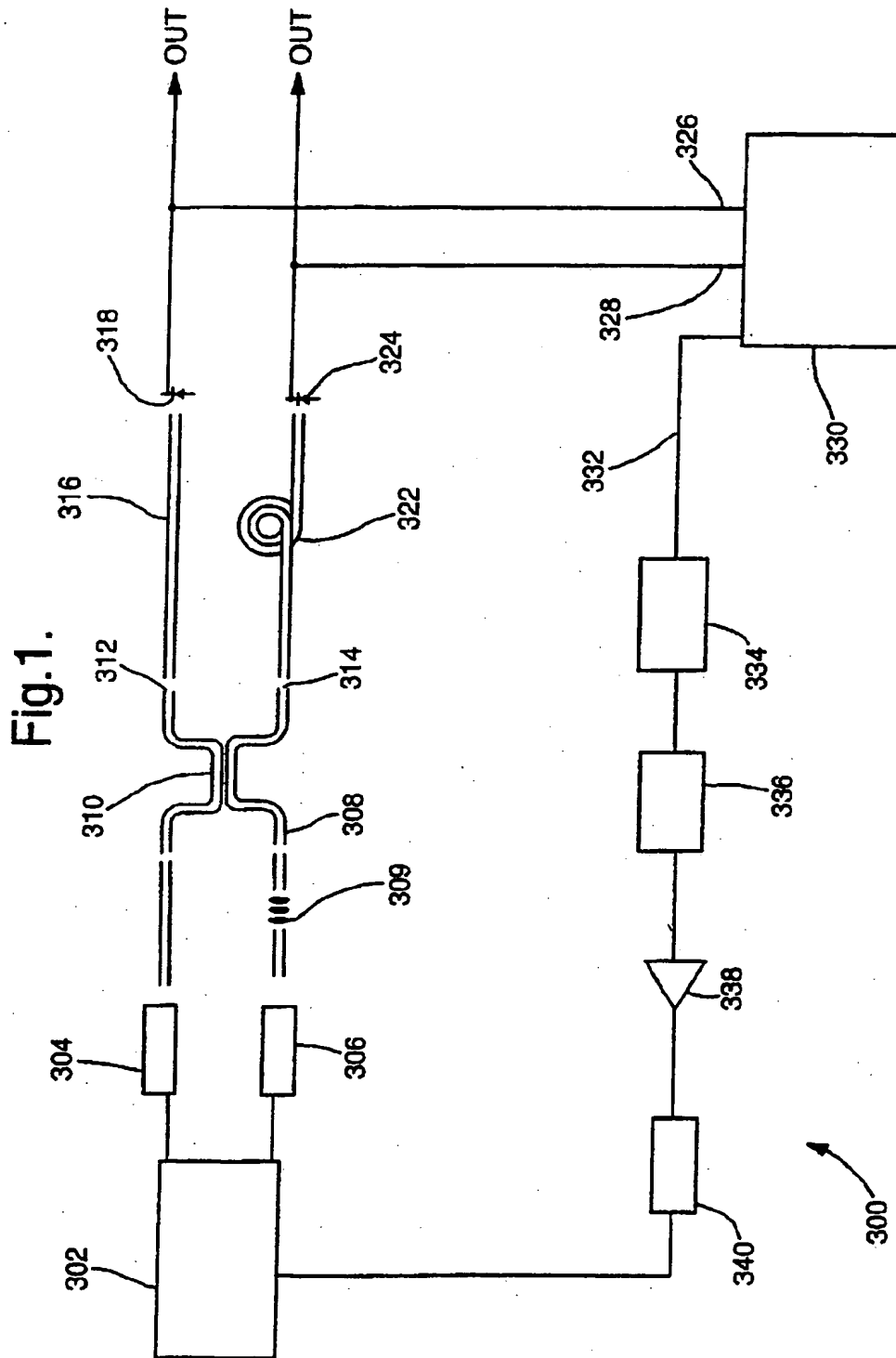
図2のグラフは実質的には正弦出力を示す。しかしながら、周波数変化に対する周波数弁別器の応答の波形は本発明では二の次である。弁別器応答の最も重要なパラメータは、402~422のようなヌルポイントが生じる周波数である。なぜなら、これらが、弁別器の動作のための安定及び不安定ポイントと安定周波数におけるスロープを定義するからである。

他の実施例では、遅延線322を適当に形成されたファブリーペローのエタロンによって置き換えて必要な光遅延を与えることもできる。

前述した実施例はNd:YAGレーザを組み込んでいるが、本発明の他の実施例は単一の集積回路上へ集積され得る半導体レーザを組み込むことにより製造コ

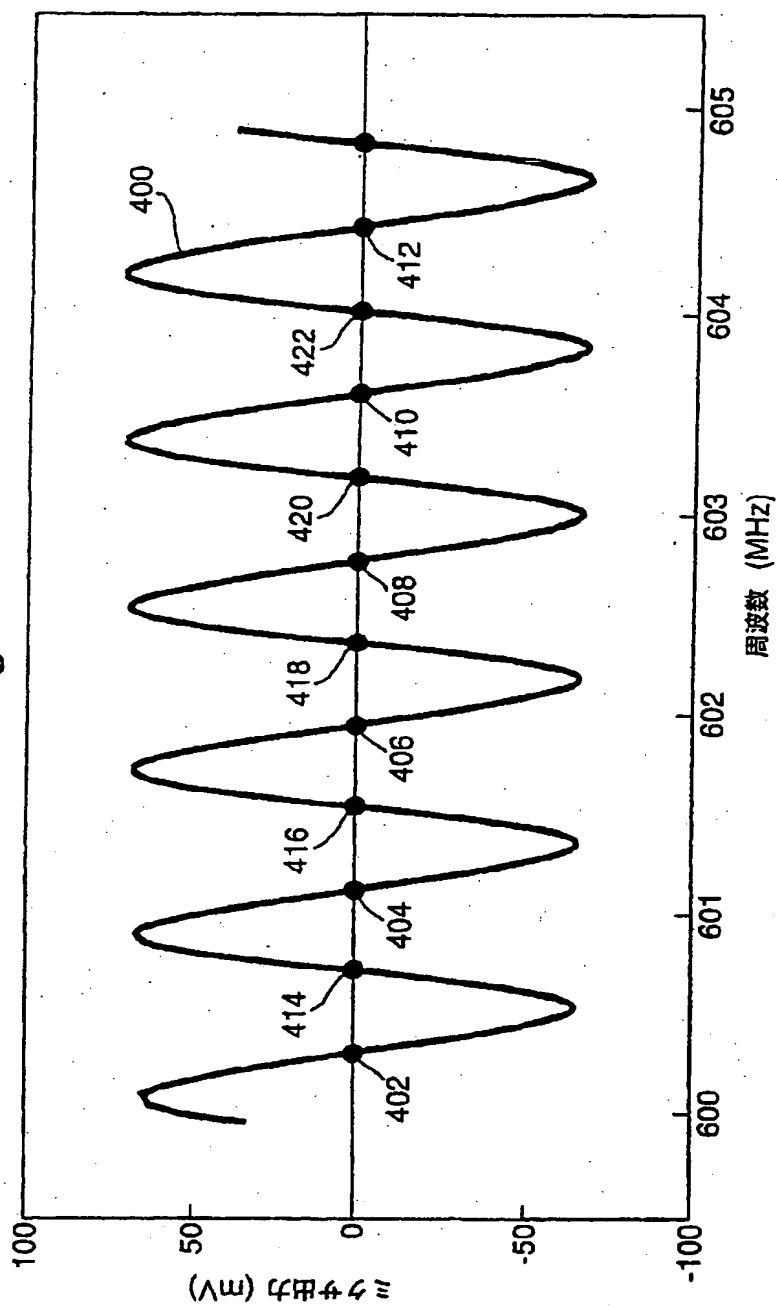
ストを減少させることもできる。

【図1】

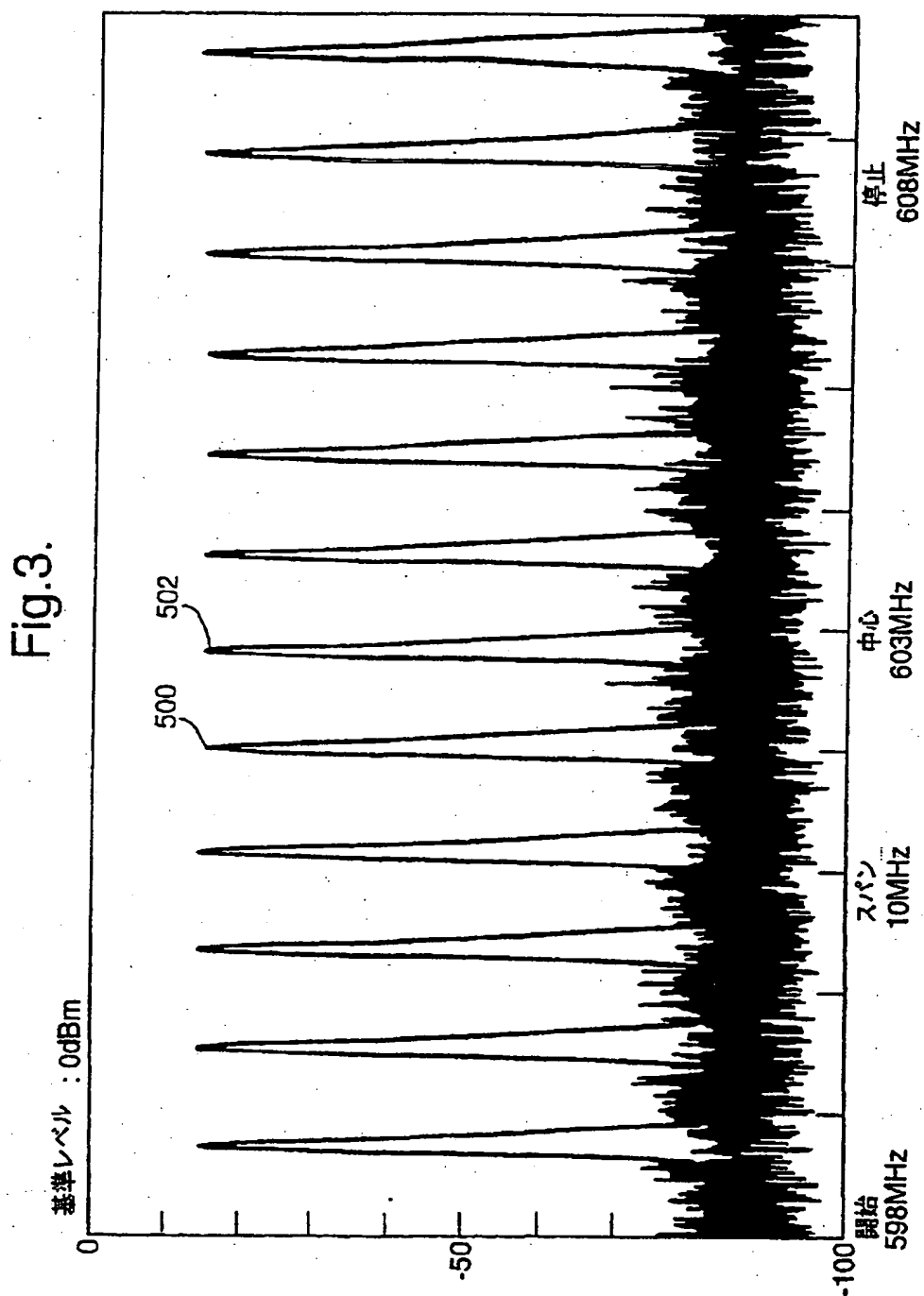


【図2】

Fig.2.



【図3】



【手続補正書】

【提出日】 1998年5月19日 (1998. 5. 19)

【補正内容】

- (1) 明細書及び請求の範囲を別紙の通り全文訂正する。
- (2) 全図面を別紙の通り訂正する。

明細書

周波数シンセサイザー

本発明は周波数シンセサイザー及びそれらの安定度に関する。発振器の位相における揺らぎは周波数揺らぎとしても解釈できることから、本明細書では周波数揺らぎと位相揺らぎの間に区別はなされていない。この位相／周波数関係は、Stanford Gorlman, McGraw-Hillによる“Frequency Analysis Modulation and Noise”, 第5章、Modulation (1948) に記述されている。

周波数シンセサイザーは良く知られた装置である。これらの装置は1つの出力信号を与えるように構成されており、この出力信号は別々の値のセットから選択された1つの周波数を有する。周波数シンセサイザーは、出力信号の所定の周波数の安定度を維持するために周波数弁別器を用いることができる。

簡単な周波数弁別器の一例が、B.I.BleaneyとB.BLEANNEYによる“Electricity and Magnetism”, 581頁, 第3版, Oxford University Press 1983に示されている。このデバイスはLC回路弁別器であり、ここでL、CはインダクタンスL、キャパシタンスCをそれぞれ有する回路部材である。発振器の出力信号は弁別器に入力されるのであるが、この弁別器は、入力周波数に依存する出力信号を生成することから、発振器の出力周波数をフィードバック制御ループで制御するために使用され得る。このような弁別器は単一の周波数のみにおける動作に適している。多周波シンセサイザーで用いるのには適当でない。

周波数弁別器をフィードバック制御ループで使用することが知られている。フィードバック制御ループは、システム特性を変更するために出力信号をシステムの入力にフィードバックするシステムである。このようなフィードバックシステムでは、入力にフィードバックされた信号が出力信号に増加を引き起こす場合は

発振器で生じるような「正帰還」を生じ、それが出力信号に減少を引き起こす場合には「負帰還」を生じる。負帰還の影響は増幅回路のような回路を安定化するために使用される。

このような弁別器フィードバックループは電圧制御発振器 (VCO) のような周波数源からの出力を安定化するのに使用するために知られている。しかしながら、周囲温度における変化によって、従来の周波数弁別器の部材のインピーダンスやキャパシタンスの値はドリフトしてしまうことがある。これは周波数弁別器の出力をドリフトさせてしまうことがあり、結果として、周波数源の出力周波数はドリフトし得る。

VCOの他の形態では2つの高周波発振器が含まれており、これらの高周波発振器の少なくとも一方は同調 (チューニング) 可能であって、同調可能な出力となり周波数を生成する。このVCOは2つのレーザを備えることが可能であり、これらの放射はマイクロ波となり周波数を生成するために混合される。温度ドリフトの影響はレーザ混合に基づく周波数源について特に著しい。1. $3\mu\text{m}$ で動作するレーザからの放射周波数はほぼ $3 \times 10^{14}\text{ Hz}$ であり、1万につきたった1つの部分の1つのドリフトが、うなり周波数に300MHzもの変化を生じさせることがある。この大きさのドリフトは、ここで問題としている周波数源の動作マイクロ波周波数の無視し得ない割合を占めることがあり、安定な周波数源を必要とするシステムに使用するには望ましくないもの、更には許容できないことさえある。

光学繊維安定化電子発振器が、R.T.Logan, Jr.等によって、第45回年次IEEE周波数制御シンポジウムの会報 (1991年) 508~512頁に記述されている。このLoganのデバイスは光学繊維弁別器へ送られる出力を有するVCOを備えており、この光学繊維弁別器はその後、ループフィルタを介してVCOに周波数制御を与える。この光学繊維弁別器はRF入力信号を2つに分割し、これらの一方の部分は被変調光信号に変換され、光学繊維遅延線を使用して遅延されて、その後、ホトダイオード受信機によって電気信号に再び変換され、もう一方の部分は移相器を通じて送られる。これらの2つの部分はその後、位相検出器によって比較さ

れ、この位相検出器は、これら2つの部分の位相差に依存する電圧を出力する。光学繊維遅延線はレーザダイオードを備えており、このレーザダイオードは単一モード光学繊維へ与えられる被変調光信号を生成する。Loganのデバイスの性能は光学繊維弁別器ノイズによって制限される。Loganの文献は、このシ

ステムはダイオードポンプ型半導体レーザや外部の強度変調器(intensity modulator)の使用によって改善され得ることを示唆している。このLoganのデバイスには、光学繊維遅延線を使用して発振器を安定化させるためにRF発振器信号を電気信号から光信号に変換しそれから電気信号に戻さなければならないといった欠点がある。

Loganによる他の文献(1992年IEEE周波数制御シンポジウム27-29(1992年5月)の会報の420~424頁に発表されている)には、超安定マイクロ波及びミリ波光子的発振器が記述されている。ここに記述されたデバイスは前述したものと同様のものであるが、マイクロ波若しくはミリ波信号の源として動作する自己モードロック型レーザダイオードを有する。この文献には、周波数逡倍器としてのモードロック型レーザのふるまい以外に、デバイスを調整して周波数範囲にわたる出力信号を与えることについては何も記述されていない。

Loganの他の発振器デバイスは米国特許第5,379,309号に記述されている。ここに記述されたデバイスには2つの注入ロック型レーザが組み込まれており、これらのレーザには作動的にモードロックされたレーザ発振器から光信号が与えられる。注入ロック型レーザは各々、モードロック型レーザから別々の光モード信号を受け取る。これら2つの注入ロック型レーザの出力は1つの出力信号を生成するために組合わされるのであるが、この出力信号の周波数は、注入ロック型レーザによってモードロック型レーザから受け取った各2つのモード間の周波数における差に等しい。シンセサイザ出力の同調は、注入ロック型レーザの一方を同調し、その一方で、第2のものは一定の周波数に保つことにより行うことができる。レーザの同調設備が存在することにより、シンセサイザの出力の安定度が失われてしまうことがあり、これは、例えばレーザの温度ドリフトの結果として生じる。本発明は、デバイスの周波数不安定度というよりはむしろ異

なる周波数で動作する2つのレーザの位相ノイズを減少させるように構成されたデバイスに関する。

本発明の目的は周波数シンセサイザーの他の形態を提供することである。

本発明は、出力信号を生成する周波数シンセサイザーを提供するものであり、該シンセサイザーが、

i) 2つのコヒーレントな光源であって、これらの各光源は、個々の放射ビームを生成し、また、調整可能な放射出力周波数を有しており、個々の放射ビームは異なる周波数である、前記光源と、

ii) 2つの放射ビームを組み合わせて2つの被変調光信号を生成するビーム組合装置であって、前記2つの被変調光信号は1つの変調周波数を有する、前記ビーム組合装置と、

iii) 前記被変調光信号の一方を他方に関して遅延させる手段と、

iv) 相対的に遅延された前記被変調光信号の間で検出された変調位相差に応答して前記光源を制御する制御手段と、
を備えることを特徴とする。

光信号を遅延させる手段を使用することにより、同軸ケーブルのような従来の遅延線を備えた対応シンセサイザーよりも物理的に小さな周波数シンセサイザーを形成することができる。

本発明は、HFから、2つのレーザからの放射を混合することによって発生されるミリメートル放射へ、出力周波数を制御するために使用され得る。HF放射は3MHz～30MHzの範囲の周波数を持つ。

好ましい実施例において、周波数シンセサイザーは、複数の光信号の中の1つの相対遅延を与える光学繊維遅延線を有しており、この遅延線の長さが安定周波数の周波数分離を決定する。高い度合いの位相安定度を有する被混合レーザ放射の広帯域幅と光学繊維遅延手段の広帯域幅能力の組合わせにより、被混合放射の周波数を広い範囲の周波数にわたって同調し、安定化することができる。

シンセサイザーの制御手段は、被変調光信号を受け取って検出器出力信号を生成する2つの検出器を備えることもでき、ここでは、位相検出器が、検出器出力

信号間のいずれかの位相差に応答してそれに応答する出力を生成しており、また、制御手段は、この位相検出器の出力に応答して光源を制御する手段を備えることもできる。位相検出器はそれに応答する手段に負帰還信号を与えることもできる。

フィードバックループを組み入れた従来の周波数シンセサイザーには、高精度さを達成するためにフィードバックループに高利得が必要とされるという欠点がある。本発明のシンセサイザーでレーザを使用した場合には、1つのレーザの周

波数における小部分の変化に対するうなり周波数の大きな感度によって、この必要性は減少される。

光学繊維遅延線が温度変化による長さ変化に対して安定化された場合には安定度が改善される。遅延線の長さはある実施例では安定動作周波数を決定するが、ある制限された範囲における連続周波数能力も提供され得る。出力周波数は周波数変調可能であってもよい。

図面の簡単な説明

本発明の実施例を次に添付図面を参照して例示のみのために記述する。

図1は、被混合レーザ源の周波数を制御するよう構成された本発明の周波数シンセサイザーの略図であり、

図2は、図1のシンセサイザーの位相検出器出力の、周波数に伴う変化のグラフであり、

図3は、図1のシンセサイザーの12個の別々の出力スペクトルを示す複合図である。

図1を参照する。ここにはR/Fマイクロ波周波数シンセサイザーとして形成された被混合レーザ放射源を制御するように構成された本発明の周波数シンセサイザーが示されており、このシンセサイザーは一般に300で示されている。「レーザオフセット」と「ロッキングアクセサリ」(LOLA)ユニット302が2つのレーザ304、306に接続されている。LOLAユニット302は、Lightwave Electronicsによって作られたシリーズ2000LNUユニットである。これがレーザ304、306の電源であり、ある動作モードでは、それらの周

波数における差を基準発振器に対してロックするためにも動作する。レーザ304、306は、Lightwave Electronicsのデバイス、即ち、それぞれダイオードポンプ型Nd:YAGモデル123-1319-040-F-Wと-B-Wである。これらは40mWのピークパワーと100GHzの最大周波数分離を有する。

レーザ304、306からの放射は50/50方向性結合器308へ向けられる。レーザ306からの放射は、偏光コントローラ309を通過し、その後に結合器308を通過する。結合器308は、2つの結合光学繊維と2つの出力312、314を備える中央部分310を有する。レーザ304、306からの放射は、中央部分310におけるつかの間の結合によって組合わされる。

出力312からの組合わされた放射（便宜上、「組合放射」と呼ぶ）出力は、光学繊維316へ、それから放射検出器318へ送られる。検出器318は逆バイアスされたPINダイオードである。出力314からの組合放射出力は遅延線322を通過する。遅延線322は250メートル長の光学繊維であり、ほぼ1.2 μ 秒の伝播遅延を与える。遅延線322を形成する光学繊維は温度安定度を改善するために金属被覆されている。第2の放射検出器324は遅延線322の端部に結合器308の出力314から離して配置される。検出器324は検出器318と同じく逆バイアスされたPINダイオードである。シンセサイザ300の出力は、検出器318、324のいずれかから、若しくは、それらの双方から取り出すことができる。図面を明瞭にするため、検出器318、324への電気接続は示されていない。

被混合レーザ出力が検出器318、324からうなり周波数で出力を与えるためには、結合器308は、同じ偏光を有した2つのレーザ304、306から放射を受け取ることが必要である。レーザ306からの光の偏光がレーザ304からのそれと整合するように偏光コントローラ309が含まれている。検出器RF出力の強度が監視され、結合器308に到達するレーザ306からの放射の偏光が偏光コントローラ309を用いて調整されてこの強度を最大にする。

検出器318、324からの信号出力は位相検出器330の入力ポート326

、328のそれぞれに接続される。位相検出器330は直流結合ANZAC MD141ミキサである。この検出器330は、2つの10dB減衰器334、336と増幅器338と5.1k Ω 抵抗器340を介してLOLAユニット302に接続される出力332を有する。LOLAユニット302の容量性入力インピーダンスと組み合わされた抵抗器340は低域フィルタとして働く。

必要とされた場合には、低ノイズ増幅器をシンセサイザ300に組み込んで、入力ポート326、328の前に検出器318、324からの信号出力を増幅す

ることができる。

シンセサイザ300の動作を次に記述する。50/50方向性結合器308においてレーザを組合わせることにより、出力312、314から光学繊維316や遅延線322へ進むレーザのうなり周波数においてRF、マイクロ、若しくは、ミリメートル波強度変調を有する光信号を生ずる。繊維316と遅延線322の各々における光信号はそれぞれ検出器318、324によって電気信号に変換される。検出器324からの信号出力は、検出器318からの信号出力との関係で、遅延線322を通じる光信号の伝播時間にほぼ等しい時間だけ遅延される。この結果、結合器308からの出力の変調周波数が時間に伴って変動している場合には、位相検出器330への入力信号は位相において変化し、これは位相検出器330から時間変動出力を生じさせる。変調周波数は、レーザ304、306の一方若しくは双方における周波数ドリフトによって時間に伴って変動し得る。

変調周波数が時間に伴って安定している場合には、位相検出器の出力は時間に関して一定である。特に、変調周波数が時間に伴って安定しており、且つ、その周波数が、位相検出器に対する2つの入力が直角位相であるようなものである場合には、位相検出器はヌル出力を生成する。「直角位相」とは、信号が同じ周波数と波形を有するが、 $\pi/2$ ラジアン位の位相差を有することを意味する。

図2は、位相検出器330の出力のオープンループモードで測定された、数MHzの範囲にわたる出力うなり周波数を有する、変化のグラフを示す。曲線40

0は安定ポイント402、404、406、408、410、412と、不安定ポイント414、416、418、420、422を有する。位相検出器330からの出力は、減衰器334、336、増幅器338、及び抵抗器340を介するLOLAユニット302への制御電圧入力として働く。周波数シンセサイザはそれ故、フィードバック系を含む。組合放射の周波数が、時間に関して一定であり、無視するのに適当な値の位相検出器330からの出力である場合には、LOLAユニット302への制御入力電圧信号もまた非常に小さい。

次にフィードバックループの動作を簡単に記述する。例えば変調周波数がポイント402に対応する場合、位相検出器330からの出力は0であり、シンセサイザ

300の出力周波数はその周波数のままである。変調周波数がより高い周波数にドリフトする場合には、位相検出器の応答は負電圧出力を生成する。この結果、LOLAユニット302への制御電圧入力信号もまた負であり、レーザ304と306の出力間の周波数分離を減少させ、ポイント402の周波数に向かって戻すように変調周波数を減少させる。

同様に、変調周波数におけるポイント402からの減少は、位相検出器330に正電圧出力を生成させる。この結果、LOLAユニット302への制御、即ち、補正電圧入力信号は正である。これはポイント402の周波数に向かって戻すように変調周波数を増加させる。したがって、ポイント402の周波数では、変調周波数のいずれの不安定度も、増加であろうと若しくは減少であろうと、シンセサイザ300の負帰還を生じさせ、出力周波数をポイント402の周波数に近接した周波数に安定させる。上述の考え方は、シンセサイザ出力が他の安定ポイント404～412に設定されたときにも適用される。

逆に、ポイント414～422は不安定ポイントを表す。変調周波数がポイント414の周波数にある場合、変調周波数における増加によって位相検出器に正電圧が生じるのであるが、この正電圧は変調周波数を更に増大させることから、安定動作は不可能である。ポイント414～422のいずれかにおける不安定度は、シンセサイザ300の正帰還を生じ、出力周波数を414のような不安定ポイントから離すように駆動する。

組合放射のうなり周波数が、安定ポイント402~412の中の1つの周波数に対応する周波数からそれの場合、位相検出器330は信号を生成し、レーザ304、306の一方、若しくは、双方の周波数を変化させて組合放射の周波数揺らぎを妨害する。

シンセサイザー300は従来の周波数安定化システムに比べて大きな利点を有する。従来のシステムでは個々のレーザが安定化されるが、シンセサイザー300では、安定化されるのはレーザ304、306からの放射の組合わせによって生成されたうなり周波数である。この結果、たった1つのパラメータ、即ち、うなり周波数だけを安定化させる必要があるが、既知のシステムでは、少なくとも2つのパラメータ、即ち、個々のレーザ周波数を同時に安定化させる必要がある。

る。

レーザ304、306からの出力周波数は、LOLAユニット302上の電気制御ポートによって調整され得る。また、レーザ304、306の一方の温度はLOLAユニット302の温度制御を用いて変更され、その周波数を変化させる。誘導される温度変化は1GHz/℃のオーダーである。他のオプションは、LOLAユニット302を使用する組合温度・電気制御についてであり、ここでは、温度制御がおおまかな周波数調整のために使用され、電気制御が微細な調整のために使用される。

図1の光学繊維316、322は温度安定繊維であってもよい。温度安定繊維は、R.Kashyap等によりElectronic Lettersの第19巻、1983年11月24日、1039~1040頁に記述されている。温度安定繊維を使用することにより、各源の出力の周波数はより高い度合いに安定化され得る。なぜなら、周囲温度における変化は、シンセサイザー300の光遅延経路にはより少ない影響しか与えないだろうからである。また、これらの繊維は温度制御環境に位置付けられてもよく、また、光経路長は、一定の遅延間隔を維持するために、この繊維と直列の補助温度依存経路を含んでいてもよい。

シンセサイザー300の光遅延経路で光学繊維322を使用することにより、特に高い周波数において、従来の弁別器よりもかなり高い実効クオリティファ

クタ Q_F を得ることができる。1. $3 \mu m$ 放射の伝播について、単一モード光学繊維はほぼ 0.4 dB/km の損失を有する。この波長における放射は光学繊維を 1 km 進むためにほぼ 5 マイクロ秒 を要し、この結果、その減衰は、ほぼ 0.1 dB/マイクロ秒 である。 3 dB の損失を許容する繊維については、このことは 30 マイクロ秒 の伝播遅延が達成され得ることを示す。

実効クオリティーファクタ Q_F は以下の適当な式によって与えられる。

$$Q_F = \pi f \tau$$

ここで f は放射の周波数であり、 τ は伝播遅延である。一般的な 10 GHz の周波数の 30 マイクロ秒 の相対遅延における X 帯域マイクロ波放射について、 Q_F は、ほぼ 10^6 、即ち、 100 万である。これは従来のシンセサイザシステムに対するものよりもかなり高いが、このような高い Q -値を実際に使用すること

は不要である。なぜなら、高い Q -値について、出力スペクトルは、中心周波数に対する単なる改善された接近だからである。 $\Delta f = 1/\tau$ であることから、伝播遅延 τ はまた安定周波数 Δf の分離を決定する。

図3は、様々な周波数における出力RFスペクトルのグラフを示す。図3は12個の別々のスペクトルの複合グラフであり、各スペクトルは、 0.8 MHz だけ周波数が離間された、ピーク 500 、 502 のような単一のピークを有する。 0.8 MHz は光学繊維322によって課される $1.2 \mu m$ の時間遅延の逆数である。シンセサイザ300は、 0.8 MHz の多数点における出力周波数を合成するために使用され得る。

所定の合成出力周波数を選択する同調手段をシンセサイザ300に設けることもできる。これは、個々のレーザの一方、若しくは、双方の温度を調整する手段を制御し得る、VCOに対する補助の粗電圧制御によって、実行することもできる。フィードバックループの動作は、図2の弁別器応答の安定ポイントの1つに周波数をロックすることである。

シンセサイザ300は、LOLAユニット302を適当な値に制御し、フィードバックループを使用して、周波数を図2、3に示された複数の安定値の中の1つに正確にロックすることにより、別々の出力周波数のセットを得ることを可

能にする。このような別々の周波数選択はシンセサイザーの多くの用途に、例えば50kHzのチャンネル間隔が必要とされるFM無線受信機における局部発振器のようなものとしてして、役立つ。他の用途では、出力周波数にわたってより大きな制御を有することが望まれる。より細かい周波数間隔と、連続同調能力、若しくは、FM信号を生成する能力が必要とされることもある。これらの能力は、図1のシンセサイザー300を僅かに変更することによって容易に達成することができる。

図2の不安定周波数414、416、418、420、422に対するアクセスは増幅器328の出力の符号を反転させることによって容易に達成し得る。増幅器338が、一方が接地されている2つの入力を持つ差動増幅器である場合、出力の符号は入力接続を逆にすることによって反転され得る。

制限された範囲における連続周波数能力は、増幅器338の前に差動増幅器を組み入れることによって設けることができる。この差動増幅器は1の利得を有するものでもよいことから、その第2の入力が接地されるべきものである場合でも、シンセサイザーの動作における影響は無視し得るものである。しかしながら、この第2の入力が可変電圧 V_2 に接続された場合には、フィードバックループの作用によって電圧は位相検出器から V_2 に向けられる。図2から、これは周波数範囲のほぼ半分にわたって連続同調能力を与えることが分かるだろう。差動増幅器出力に反転能力を付加的に組み込むことによって、本質的に連続する周波数範囲が可能である。入力電圧 V_2 としての交流電圧の付与がFM能力を与える。このFM能力はしかしながら低い周波数に制限される。なぜなら、高い周波数は、抵抗器340の低域フィルタ作用とLOLAユニット302の容量入力インピーダンスとによって抑圧されるからである。

他の連続同調能力を、位相検出器330の入力ポート326、328の一方、若しくは、双方の前にRF移相器を組み入れることによって提供することもできる。移相器330への2つの入力の相対位相を変更することによって曲線400をx軸に平行にシフトするという効果が得られる。

高周波FM能力は、LOLAユニット302に対する入力の前に、つまり、い

ずれかの低域フィルタの後に、1利得差動増幅器を挿入することによって達成され得る。通常、フィードバックループの効果は、出力周波数におけるなんらかの周波数変調、若しくは、不安定度を補正することである。この高周波FM装置では、しかしながら、周波数変調の効果を妨げるための訂正信号が低域フィルタによって抑圧される。

図2のグラフは実質的には正弦出力を示す。しかしながら、周波数変化に対する周波数弁別器の応答の波形は本発明では二の次である。弁別器応答の最も重要なパラメータは、402～422のようなヌルポイントが生じる周波数である。なぜなら、これらが、弁別器の動作のための安定及び不安定ポイントと安定周波数におけるスロープを定義するからである。

他の実施例では、遅延線322を適当に形成されたファブリーペローのエタロンによって置き換えて必要な光遅延を与えることもできる。

前述した実施例はNd:YAGレーザを組み込んでいるが、本発明の他の実施例は単一の集積回路上へ集積され得る半導体レーザを組み込むことにより製造コストを減少させることもできる。

請求の範囲

1. 出力信号を生成する周波数シンセサイザー(300)において、該シンセサイザー(300)は、

i) 2つのコヒーレントな光源(304、306)であって、これらの各光源は、個々の放射ビームを生成し、また、調整可能な放射出力周波数を有しており、個々の放射ビームは異なる周波数である、前記光源と、

ii) 2つの放射ビームを組合わせて2つの被変調光信号を生成するビーム組合装置(310)であって、前記2つの被変調光信号は1つの変調周波数を有する、前記ビーム組合装置と、

iii) 前記被変調光信号の一方を他方に関して遅延させる手段(322)と

iv) 相対的に遅延された前記被変調光信号の間で検出された変調位相差に応

答して前記光源（304、306）を制御する制御手段（302）と、

を備えることを特徴とするシンセサイザー。

2. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記被変調光信号の一方を他方に関して遅延させる手段は光学繊維の長さ（322）であるシンセサイザー。

3. 請求項2記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記ビーム組合装置は光学繊維結合器（310）であるシンセサイザー。

4. 請求項3記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記制御手段は、

i) 受け取った被変調光信号に応答して各々が個々の検出器出力信号を生成するような2つの検出器（318、324）と、

ii) 前記検出器出力信号間の位相差に応答してそれに応答する出力を生成する位相検出器（330）と、

iii) 光源（304、306）を調整するために位相検出器の出力に応答する手段（302）と、

を備えるシンセサイザー。

5. 請求項4記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記位相検出器（330）は、位相検出器の出力に応答する前記手段（302）に負帰還信号を与えるシンセサイザー。

6. 請求項2記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記光学繊維（322）の長さは温度変化による長さ変化に対して安定化されるシンセサイザー。

7. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記周波数シンセサイザーは、変調周波数に等しく、且つ、100GHzより少ない周波数を有した出力信号を与えるように構成されているシンセサイザー。

8. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記コヒーレントな光源（304、306）はレーザーであるシンセサイザー。

9. 請求項8記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記レーザーはNd:YAGレーザーであるシンセサイザー。

10. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記シンセサイザーは、連

統同調能力を提供する手段を含むシンセサイザー。

11. 請求項1記載の周波数シンセサイザーにおいて、前記出力信号は周波数変調可能であるシンセサイザー。

【図1】

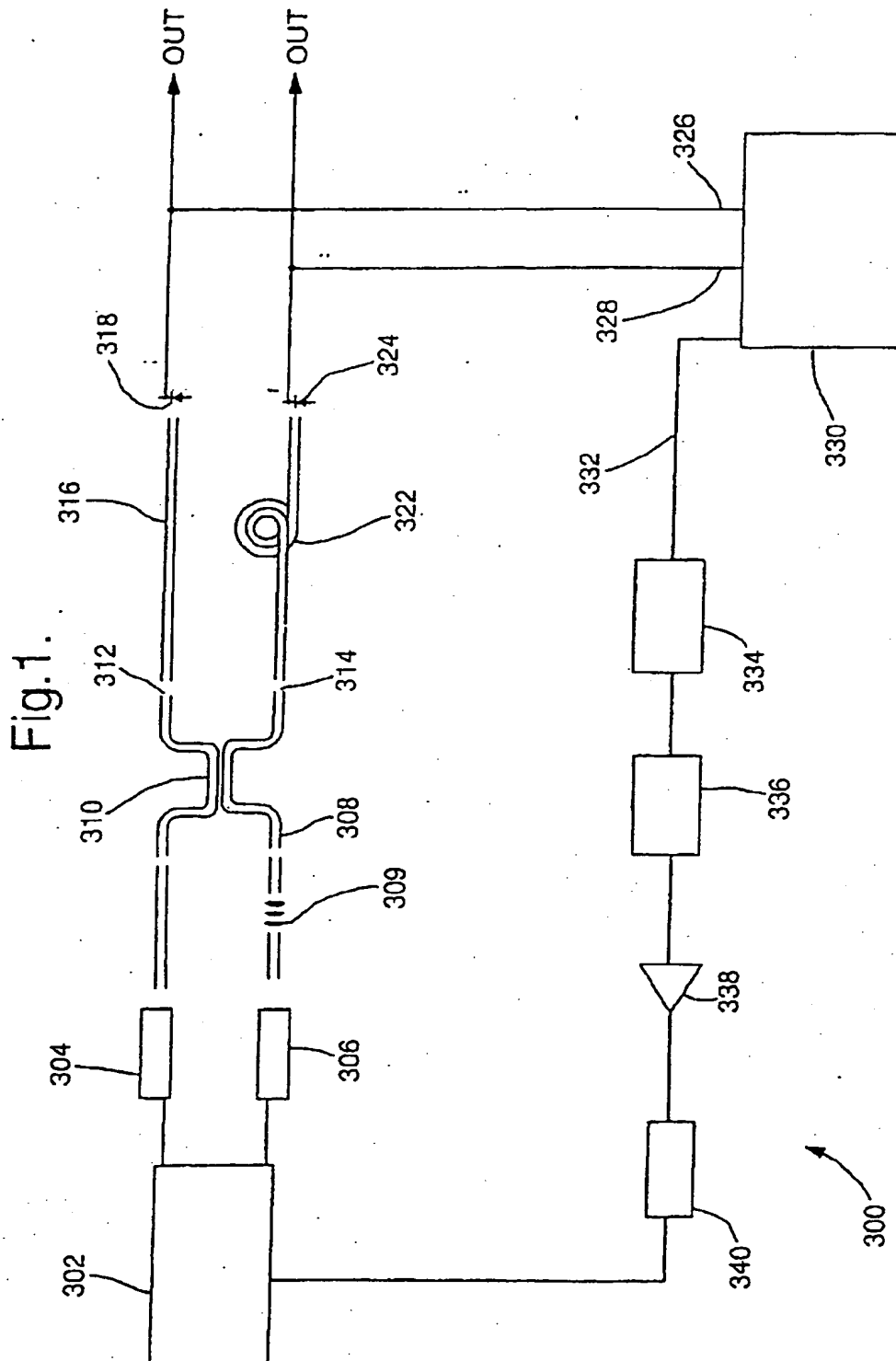


Fig.2.

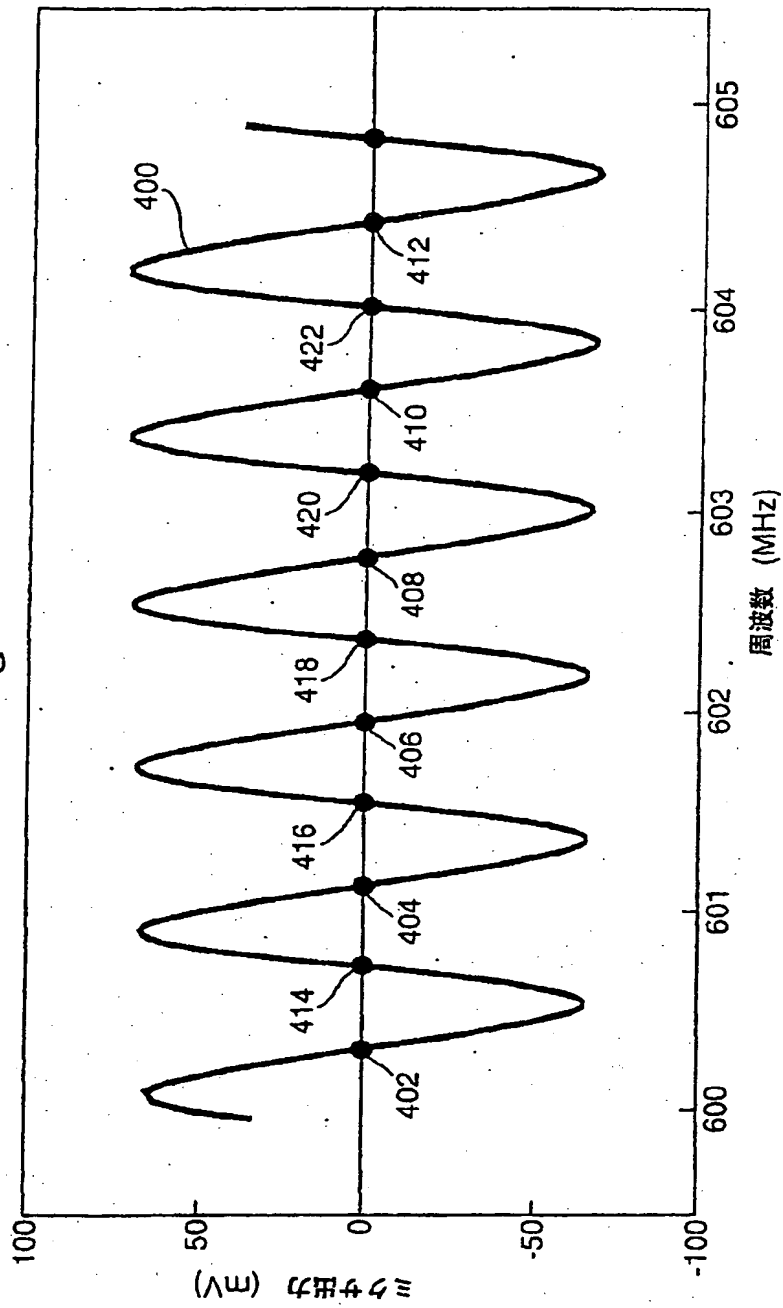
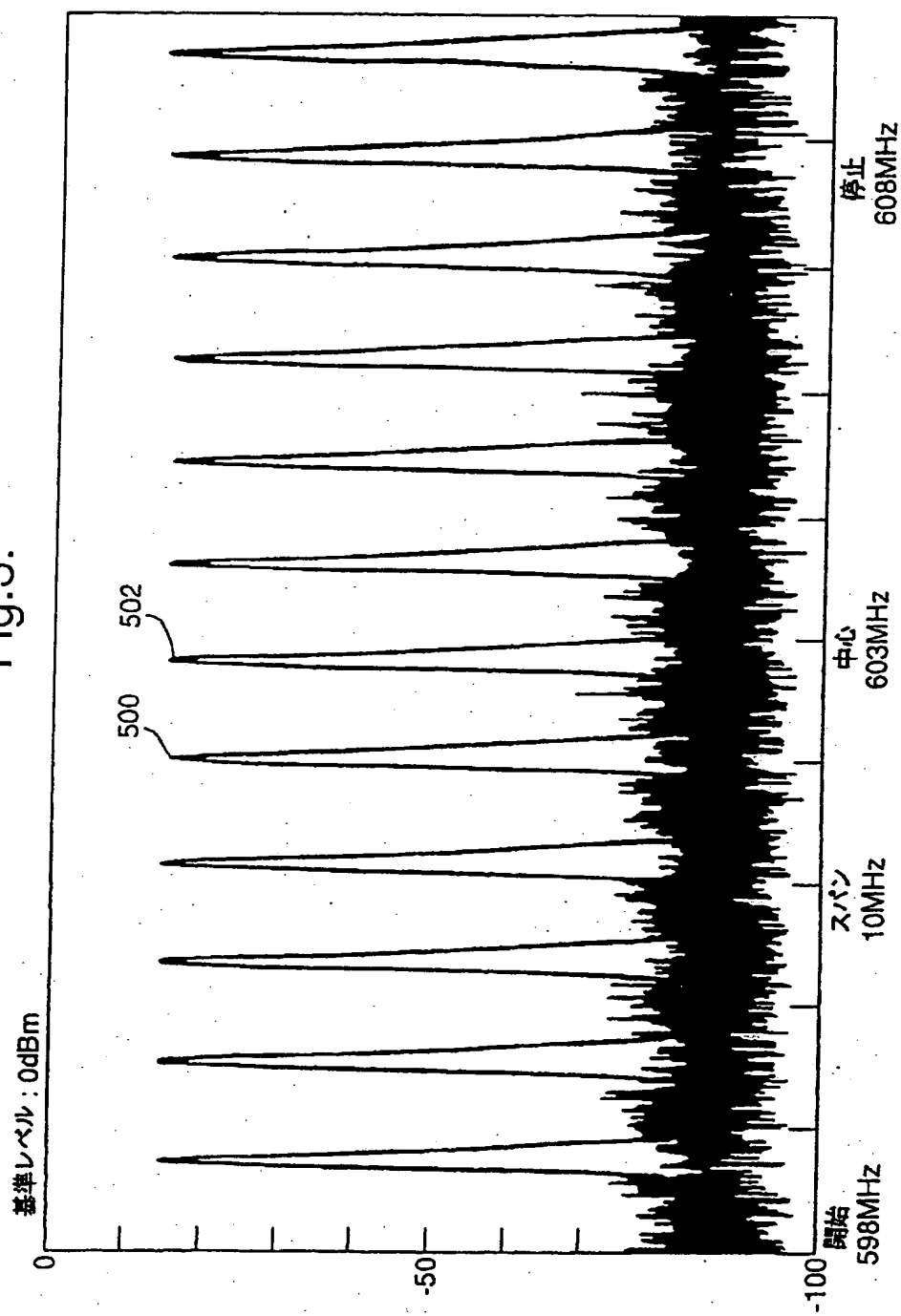


Fig.3.



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No.
PCT/GB 96/02761

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01S3/23 G02F2/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01S G02F H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 379 309 A (LOGAN JR RONALD T) 3 January 1995 cited in the application see abstract	1
A	EP 0 352 747 A (HITACHI LTD) 31 January 1990 see abstract	
A	US 5 204 640 A (LOGAN JR RONALD T) 20 April 1993 see abstract	1
A	GB 2 182 801 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 20 May 1987 see abstract	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- * "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- * "B" earlier document but published on or after the international filing date
- * "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- * "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- * "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- * "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to underlain the principle or theory underlying the invention
- * "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- * "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- * "A" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 February 1997

Date of mailing of the international search report

05.03.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5118 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tlx. 31 651 epo nl
Fax (+31-70) 340-5016

Authorized officer

Galanti, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Appl. No.
PCT/GB 96/02761

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-5379309	03-01-95	NONE	
EP-A-0352747	31-01-90	JP-A- 2039131	08-02-90
		DE-D- 68926195	15-05-96
		DE-T- 68926195	28-11-96
		US-A- 5396361	07-03-95
US-A-5204640	20-04-93	NONE	
GB-A-2182801	20-05-87	US-A- 4755016	05-07-88
		CA-A- 1251261	14-03-89
		DE-A- 3637809	07-05-87
		JP-A- 62116030	27-05-87

フロントページの続き

(72)発明者 ルイス ミーリオン フランシス
イギリス国 ウースターシャー ダブリュ
ーアール14 3ビーエス モルヴァーン
セント アンドリュース ロード(番地な
し) ディフェンス リサーチ エージェン
シー